

Växtgestaltning som ett sätt att lindra effekterna av urbana värmeöar

Vretensborgsvägen – ett exempel

Planting design as a way to mitigate the effects of urban heat islands

Vretensborgsvägen – an example

Manuel López

Kandidatexamensarbete 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten
Trädgårdsingenjörsprogrammet: design
SLU Alnarp 2021



Författare: Manuel López

Titel på svenska: Växtgestaltning som ett sätt att lindra effekterna av urbana värmeöar, Vretensborgsvägen – ett exempel

Titel på engelska: *Planting design as a way to mitigate the effects of urban heat islands, Vretensborgsvägen - an example*

Handledare: Henrik Sjöman, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator: Johanna Deak Sjöman

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i landskapsarkitektur

Kurskod: EX0847

Program: Trädgårdsingenjörsprogrammet: design

Kursansvarig inst: Helena Persson

Ämne: Landskapsplanering

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Manuel López

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: stadsklimat, urbana värmeöar, träd i stadsmiljö, träd, stadsplanering

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i JA, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i NEJ, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Det blir allt varmare i våra städer och mycket tyder på att den utvecklingen kommer att fortsätta. Under de senaste åren kan man se att värmeböljor både ökat i antal och att dess varaktighet förlängts. Denna effekt förstärks ytterligare genom den så kallade urbana värmeön, där staden genom sin struktur och höga andel hårdgjorda material bidrar till att hålla kvar värmen långt in på natten. De höga temperaturerna leder också till ökade påfrestningar på stadens invånare. Hos vissa grupper i samhället kan de extremt förhöjda temperaturerna ha en dödlig utgång.

Ett sätt att möta effekterna av urbana värmeöar är genom grön infrastruktur, där kan träden genom sin beskuggning ha en positivt lindrande effekt på mikroklimatet. Men en förutsättning för att träden ska kunna fungera krävs det att de kan hantera de oftast mycket utsatta förhållandena på platsen. Genom stadens snabba utveckling har ett allt mer komplext klimat uppkommit, vilket ställer höga krav på det växtmaterial som används.

Arbetet syftar till att visa på hur man bättre kan identifiera olika trädarter för stadsmiljö utifrån deras inbyggda egenskaper. Genom att öka förståelsen för arternas ursprung samt vilka ekologiska strategier dessa är utrustade med kan man bättre skapa långsiktiga och hållbara planteringar. Dessa kan på sikt bidra till att mildra effekterna av värmeöar på en plats.

Eftersom arbetet har till avsikt att lyfta fram samt argumentera för hur man genom en situationsanpassad och väl avvägt växtmaterial kan styra mikroklimatet på en plats kontaktades trafikkontoret på Stockholm stad i syfte att möjligen bli tilldelad en plats där ett sådant behov kan tänkas finnas.

Eftersom arbetets syfte är att ta reda på hur man kan styra klimatet på en plats gjordes en litteraturstudie i detta ämne. I samband med detta gjordes även en analys över platsen där faktorer som ljus- samt skuggförhållanden studerades. Utifrån arternas lämplighet samt förekomst i böcker och plantskolekataloger upprättades en tabell i syfte att tydligare visa på deras lämplighet utifrån deras inbyggda egenskaper som t.ex. torktålighet, kronuppbbyggnad, genomsläpplighet i krona o.s.v. Denna tabell låg sedan till grund för växtvalet på platsen.

Nyckelord: stadsklimat, urbana värmeöar, träd i stadsmiljö, träd, stadsplanering

Abstract

Cities are becoming warmer and there is much to indicate that this development will continue. In recent years, the number and frequency of extreme heat waves have increased in number and their duration is prolonged. This effect is further enhanced by the urban heat island, where the city, through its structure and high proportion of impervious materials, help to maintain the heat well into the night. The high temperatures in the urban landscape also lead to increased stress on the inhabitants of the city. In some groups in society, the extremely elevated temperatures can have a fatal outcome.

One way to deal with the effects of urban heat islands is through green infrastructure, where the trees through their shading can have a positive and soothing effect on the microclimate. But in order for the trees to function properly, they must be able to tolerate the often very harsh conditions on the site. Through the city's rapid development, an increasingly complex climate has arisen, which places high demands on the plant material.

This paper aims to show how to better identify different tree species for urban paved sites based on their built-in properties. Through a better understanding of their origin and what ecological strategies they are equipped with, one can create better and more sustainable plantings which, in the long run, can help to mitigate the effects of thermal heat islands in our cities.

The intent of this paper is to highlight and argue on how to control the microclimate in one place through situation-based and well-balanced plant material. The traffic administrations office in the city of Stockholm was contacted in order to possibly be assigned a site where such a need may exist.

Since the purpose of this work is to determine of how to control the climate in one place, a literature study was conducted on this topic. In connection with this, a study was also made of the site where factors such as light and shadow conditions were studied. Based on the suitability of the species and their presence in books and nursery catalogs, a table was drawn up in order to show more clearly their suitability based on their built-in properties such as drought resistance, crown build-up, permeability in the crown, etc. This table then formed the basis for the plant selection at the site.

Keywords: urban climate, urban heat islands, trees, urban trees, city planning

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6	3. Teori	
Figurförteckning	7	3.1 Förtätningens konsekvenser	16
1. Inledning		3.2 Stadens klimat och förutsättningar	16
1.1 Bakgrund	9	3.2.1 Strålningens inverkan	17
1.2 Syfte	10	3.2.2 Värmeförhållandena i staden och problemet med	19
1.3 Frågeställning	10	värmeöar	
1.4 Avgränsning	11	3.2.3 Effekterna av värmeöar hos människor	19
1.5 Mål och genomförande	12	3.2.4 Möjligheter i samband med varmare städer	20
1.6 Söktermer	12	3.3 Sol- och skuggförhållandena i staden	20
2. Metod		3.3.1 Vindförhållandena i staden	21
2.1 Inventering och analys	13	3.3.2 Markförhållandena i staden	22
2.2 Litteraturstudie	13	3.3.3 Skelettjordar	22
2.3 Sammanfattning av litteraturstudier	14	3.4 Trädens betydelse	23
2.4 Millers urvalsmodell	14	3.4.1 Trädkronans betydelse	23
		3.5. Förutsättningar på platsen	24
		3.5.1 Trädens anpassningar – stress	24
		3.5.2 Anpassningar till varma och torra miljöer	25
		4. Resultat	
		4.1 Växtval för Vretensborgsvägen	27
		4.2 Sammanställning av arter	28
		5. Diskussion	34
		6. Slutsats	37
		7. Referenser	38

Tabellförteckning

Tabell 1. Albedo	18
Tabell 2. Branch Area Index	24
Tabell 3. Sammanställning av arter	28

Figurförteckning

Figur 1. Grön infrastruktur (foto: Manuel López)	9
Figur 2. Västberga industriområde (källa: Google Maps)	11
Figur 3. Variationer i sol- och skuggförhållanden (foto: Manuel López)	13
Figur 4. Strålningstemperaturer (källa: Stockholms Stad)	13
Figur 5. Millers modell. Översättning från Miller 1997. (gjord av Manuel López)	15
Figur 6. Sky view factor (foto: Manuel López)	16
Figur 7. Begränsning av inkommande strålning (foto: Manuel López)	17
Figur 8. Albedo (foto: Manuel López)	18
Figur 9. Vinddämpning i stadsmiljö (foto: Manuel López)	21
Figur 10. Begränsade växtbäddar (foto: Manuel López)	22
Figur 11. Genomsläpplig trädkrona (foto: Manuel López)	23
Figur 12. Exempel på anpassning i varma miljöer (foto: Manuel López)	25
Figur 13. Silverlind (foto: Manuel López)	26
Figur 14. Ungersk ek (foto: Manuel López)	27
Figur 15. Några av de identifierade arterna (foto: Manuel López)	32
Figur 16. Humlebok (foto: Manuel López)	33
Figur 17. Visualisering över Vretensborgsvägen (källa: Google Maps)	35
Figur 18. Kentuckykaffeträd (foto: Manuel López)	36

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Våra städer blir allt varmare och en viktig bidragande faktor är den så kallade värmeöeffekten, där staden är flera gånger varmare än den omgivande landsbygden (Boverket, 1999). Detta fenomen förstärks under riktigt heta sommark dagar då den inkommande strålningen lagras i stadens byggnadsmaterial under dagen, för att under kvällen och natten långsamt stråla ut mot atmosfären. Gunawardena et al (2017) beskriver värmeöeffekten som en "urban energibalans", där skillnaden mellan den inkommande och utgående strålningen inverkar på värmeöns omfattning.

Enligt Boverket (2018) arbetar man idag aktivt i många städer med att ta fram åtgärder för att möta klimatförändringarna och för att mildra effekterna av värmeöar. En sådan åtgärd är genom att implementerandet av olika växttekniska lösningar som bidrar till att öka motståndskraften i städerna och lindra effekterna samt öka toleransen som uppvärmningen bidrar till. En klimatanpassad växtgestaltning är ett sätt där man redan i projekteringsfasen tar fasta på de specifika utmaningar som finns på platsen. Genom placering av träd och andra planteringar kan man bidra till att förstärka upplevelsen, men också mildra klimatet lokalt på platsen menar Gunawardena et al. (2017).

Staden kan på många sätt vara komplicerad ur växtsynpunkt. På en och samma gata kan förhållandena och förutsättningarna vara helt olika och det finns många begränsningar både ovan-och under jord, vilket ställer specifika krav på växtmaterialet som används. Sjöman & Lagerström(2007) menar att fokuset vid växtanvändning i stadsmiljö oftast ligger vid att hitta olika tekniska lösningar,

som olika typer av växtbäddar snarare än att försöka identifiera de arter som ur en ståndortssynpunkt är bättre lämpade att användas på platsen. Med det menas en djupare kunskap om både arternas ursprung men även vilka ekologiska strategier de är utrustade med, på så sätt kan man bättre identifiera de arter som kan hantera förutsättningarna på platsen. Träden har på sina naturliga växtplatser under en lång tid utvecklat en rad olika egenskaper och strategier för att kunna konkurrera om livsutrymmet på växtplatsen. De allt varmare städerna möjliggör användandet av sådana arter vars naturliga ståndorter ofta påminner om de torra och varma förhållandena som råder i städerna (Sjöman et al. 2015).

Bowler et al. (2010) anser att ett sätt att komma tillrätta med problemet med varmare städer är genom en utbyggnad av den så kallade gröna infrastrukturen. Grön infrastruktur (se figur 1) kan definieras som det sammanlagda nätverk av stora och små grönområden som tillsammans bidrar till att leverera en rad olika ekosystemtjänster som t.ex. minskning av skadliga partiklar i luften, fördröjning samt lokalt omhändertagande av dagvatten eller ökad mångfald genom skapandet av nya habitat för en rad olika djur och insekter (Boverket 1999; Norton et al., 2015). Genom sin lindrande effekt på klimatet kan träd och annan vegetation därför användas för att minska de oönskade effekterna av värmeöar.

I en intervju som boverket har gjort talar landskapsarkitekten Carola Wigren om behovet av nya verktyg inom landskapsarkitekturen för att bättre kunna beskriva grönskans form och funktion. I dag kan grönskans

betydelse för platsen ha en central plats i översiktsplanen medan den i detaljplanen kan vara svårdefinierad anser Wigren (Boverket 2016). Genom den ökade komplexiteten i stadens klimat kommer man inom framtidens stadsplanering i allt större omfattning att tvingas redogöra för både växtplatsens beskaffenhet och planterings karaktär och funktion för att på så sätt öka träffsäkerheten i planteringsarna anser hon.



Figur 1 - Exempel på grön infrastruktur, här i form av en växtvägg i centrala London. Foto: Manuel López

1.2 Syfte

Detta arbete är främst avsedd att öka förståelsen för hur ett väl avvägt växtmaterial med hänsyn till platsens funktion och platsspecifika förutsättningar kan styra de faktorer (vind, solinstrålning) som påverkar mikroklimatet på platsen. Att lyfta samt argumentera för de arter som genom sina inbyggda egenskaper och karaktärer är bäst lämpade att användas i svåra innerstadsmiljöer.

1.3 Frågeställning

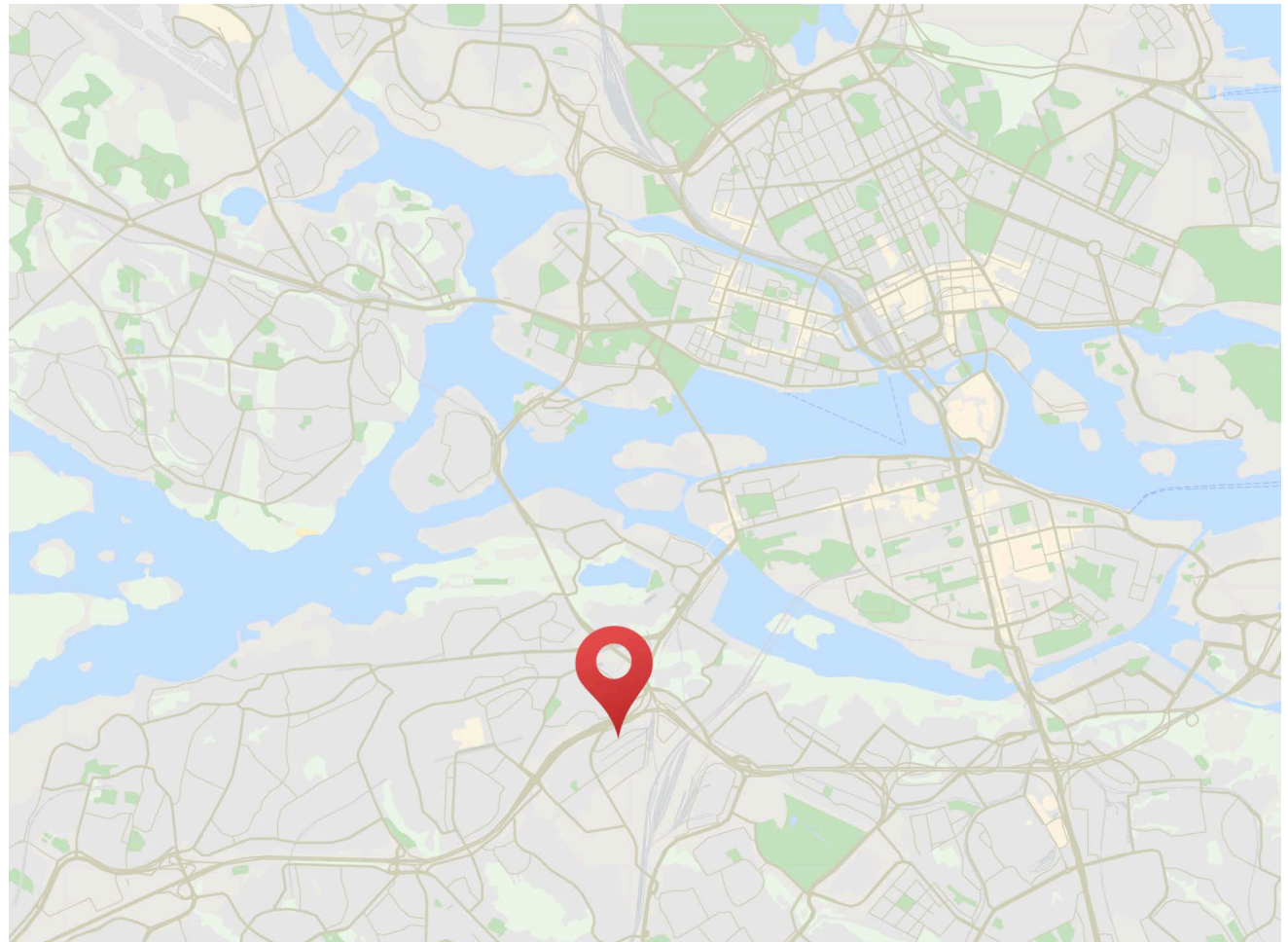
Arbetet har för avsikt att uppmärksamma betydelsen av hur ett väl avvägt växtval kan påverka platsen positivt genom att besvara följande frågor:

- *hur kan man lindra effekterna av värmeöar genom att introducera växtmaterial till platsen?*
- *vilka arter kan hantera de periodvis mycket utsatta förhållandena på platsen?*
- *vilka egenskaper bör de vara utrustade med för att bättre kunna stå emot de utmaningar och stressfaktorer som en extrem stadsmiljö erbjuder?*
- *på vilket sätt skapas gynnsamma klimatförhållanden året om?*

1.4 Avgränsning

Då syftet med mitt arbete är att kommunicera och argumentera för en klimatreglerande växtgestaltning, har jag valt att avgränsa arbetet till att studera de trädarter vilka utifrån platsens specifika förutsättningar och/eller egenskaper är mest lämpade att användas. Platsen som studerades var Vretensborgsvägen i Västberga industriområde. Den ståndort som behandlas i arbetet kan översättas till en tungt trafikerad gata i innerstadsmiljö.

Området ligger strax söder om Stockholms innerstad och är belägen (59°17'36.3"N 18°0'54"Ö). Området är Stockholms största industri- och terminalområde. Till verksamheterna som bedrivs i området är majoriteten inom transport och logistik. Klimatet i Stockholm är varmt och tempererat och sommartid är Stockholm en av landets varmaste platser med en medeltemperatur på 20-23°C dagtid och en nattemperatur på mellan 10-13°C. (Wikipedia). Den högsta uppmätta temperaturen är +36°C, medan den lägsta uppmätta temperaturen är -32°C (SCB). Antalet soltimmar i staden är i genomsnitt 1821 timmar. Den genomsnittliga nederbörden är 539 mm, beräknad för referensperioden 1961–1990 (miljöbarometern Stockholms stad). Stockholm är Sveriges största stad med en hög inflyttning och där det idag pågår en omfattande förtätning. Stadens befolkning uppmättes 2018 till 949 761 personer, en ökning med 14 142 personer från föregående år och en ökning med 275 309 personer sedan 1990 (Stockholms stad).



Figur 2 - Västberga industriområde. Källa: Google Maps

1.5 Mål och genomförande

Målet har varit att lyfta betydelsen av att redan i projekteringsfasen ta hänsyn till faktorer som ståndortstolerans och klimatreglerande egenskaper hos träd och hur de bäst kan appliceras i praktiken. Att redogöra för betydelsen av att kunna identifiera de platsspecifika krav som finns på platsen för att bättre kunna skapa långsiktiga planteringar som genom en tydlig identitet kan bidra till att lyfta platsen och på så sätt skapa en trivsammare utemiljö.

I min studie har jag, i dialog med ansvariga på trafikkontoret i Stockholms stad tittat närmare på en hårt trafikerad gata i Västberga Industriområde i södra Stockholm som i framtiden är tänkt att utvecklas till ett rekreationsområde med plats för både park och annan verksamhet. Då området idag är ett renodlat industriområde är avsaknaden av grönytor evident. Detta medför en tydligt förhöjd temperatur i förhållande till omkringliggande områden men även att stora vattenmängder i samband med t.ex. skyfall för med sig stora mängder föroreningar ut i Mälaren.

Kort därefter har jag och min handledare tillsammans kommit överrens om att helt fokusera på värmeöeffekten och inte problematiken med ytavrinning på platsen, detta ska dock ha en stor betydelse i växtbäddarnas utformning senare (se figur 17).

I arbetet har hela tiden målet varit att genom ett väl avvägt växtval samt att i en liten skala kunna bidra till att lindra effekterna av värmeöar på en gata.

Initialt gjordes en analys över studieområdet där ståndorten på platsen (solinstrålning och beskuggning) undersöktes. Andra faktorer som kan ha påverkan på platsens mikroklimat togs också i beaktning. Därefter sammanställdes några av de viktigaste punkterna som fick utgöra grunden till växtvalet. Växtvalet gjordes därefter både utifrån växternas funktion samt förmåga att hantera platsen. I arbetet användes främst litteratur som behandlar ämnena dendrologi och klimatologi, artiklar relaterade till ämnet, samt ett antal plantskolekataloger från några svenska plantskolor.

1.6 Söktermer

De söktermer som användes: *Urban climate, urban landscape, urban green infrastructure, urban heat islands (UHI), mitigating urban heat islands, mitigating thermal stress, urban heat, urban forest, street trees, climate change.*

2. Metod

2.1 Inventering och analys

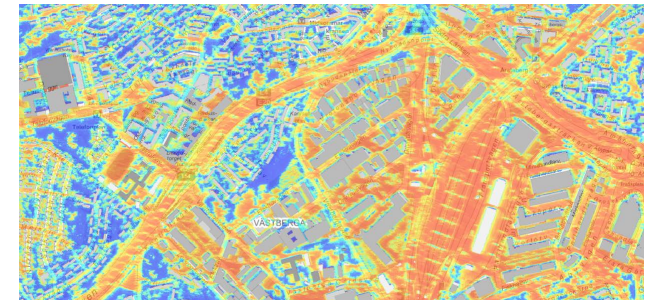
Initialt gjordes en analys över platsen där följande observerades:

- *hög förekomst av föroreningar pga hög andel tung trafik*
- *platsens terräng i kombination med huskroppar kastar djupa skuggor på vissa delar av gatan (se figur 3)*
- *stark solinstrålning i kombination med hög andel värmelagrande och vattenavvisande material bidrar till en varm och torr plats. Bristen på vegetation på platsen förstärker effekterna av värmen (se figur 4)*
- *infiltrationssvårigheter pga övervägande hårda material på platsen*

Utifrån dessa observationer kunde det fastställas att stora variationer mellan sol och skugga råder. Vidare kunde det konstateras att andelen hårdgjorda material som betong och asfalt är dominerande och bidrar till att platsen är både varm och torr. Tung trafik genom långtradare och lastbilar för med sig stora mängder vägsalt. Vägsaltet i sin tur bidrar till omfattande vittring av betongmaterial som höjer pH på platsen. Andra delar som man bör ta hänsyn till är gatans riktning, som i det här fallet är orienterad i en nordlig-sydlig riktning. På platsen noterades också en stor andel snöhögar som också bör tas i beaktning i planeringen av ytan. Ytan som ska gestaltas ligger i växtzon 2-3.



Figur 3 - Platsen visar på de variationer i sol- och skuggförhållanden som uppträder på samma sträcka. foto: Manuel Lopez



Figur 4 - Bilden visar på strålningstemperaturerna i området. Det röda området är Västberga industriområde. Källa: Stockholms Stad

2.2 Litteraturstudie

För att få en bättre förståelse kring problematiken kring värmeöar samt hur dessa uppstår har teoretiska studier gjorts i ämnet. Material insamlades på Ultuna bibliotek i form av böcker inom ämnet dendrologi (Nitzelius, T. 1958) samt vetenskapliga artiklar i ämnet värmeöar t.ex. (Gunawardena, Wells, & Kershaw, 2017). Utöver dessa användes även litteratur som införskaffats under utbildningens gång (Sjöman & Slagstedt, 2015) samt plantskolekataloger från tre stora svenska plantskolor (Stångby plantskola, Tönnersjö plantskola samt Billbäcks plantskola). Eftersom träden har störst bevisad effekt på klimatet i städerna har tyngdpunkten i arbetet lagts på dessa. Utifrån arternas förekomst i litteraturen har sedan en sammanställning på ca trettio arter gjorts. Dessa har sedan sammanställts i tabellform för att sedan studeras närmare.

2.3 Sammanfattning av litteraturstudier

Den litteraturstudie som gjordes i samband med detta arbete ger en sammanfattad bild över arbetsprocessen och kan delas in i två olika delar.

Då ämnet endast behandlats flyktigt i kursen Växtteknik krävdes en fördjupad förståelse i ämnet klimat. Detta medförde initialt att en stor ansträngning lades i införskaffandet av olika data i form av vetenskapliga artiklar, böcker samt skrifter vid SLUs bibliotek vid campus Ultuna. Detta kom sedan att utgöra stommen i arbetet men även fungera som riktmärke i det fortsatta arbetet.

Då träden och deras positiva inverkan på stadsklimatet var ett återkommande ämne i den litteratur som utgjorde grunden i den initiala delen av litteraturstudien, den som främst berörde klimatet kom den senare delen av litteraturstudien därför främst att fokusera på att identifiera de arter som är bäst lämpade för den miljö som arbetet behandlar. Den andra hälften av litteraturstudien bestod främst av böcker i ämnet dendrologi (Nitzelius, T. 1958, Sjöman & Slagstedt, 2015) samt olika svenska plantskolekataloger. Den information som införskaffades genom dessa skrifter fick bilda grunden i den tabell som resultatet i arbetet senare baserades på (se tabell 3).

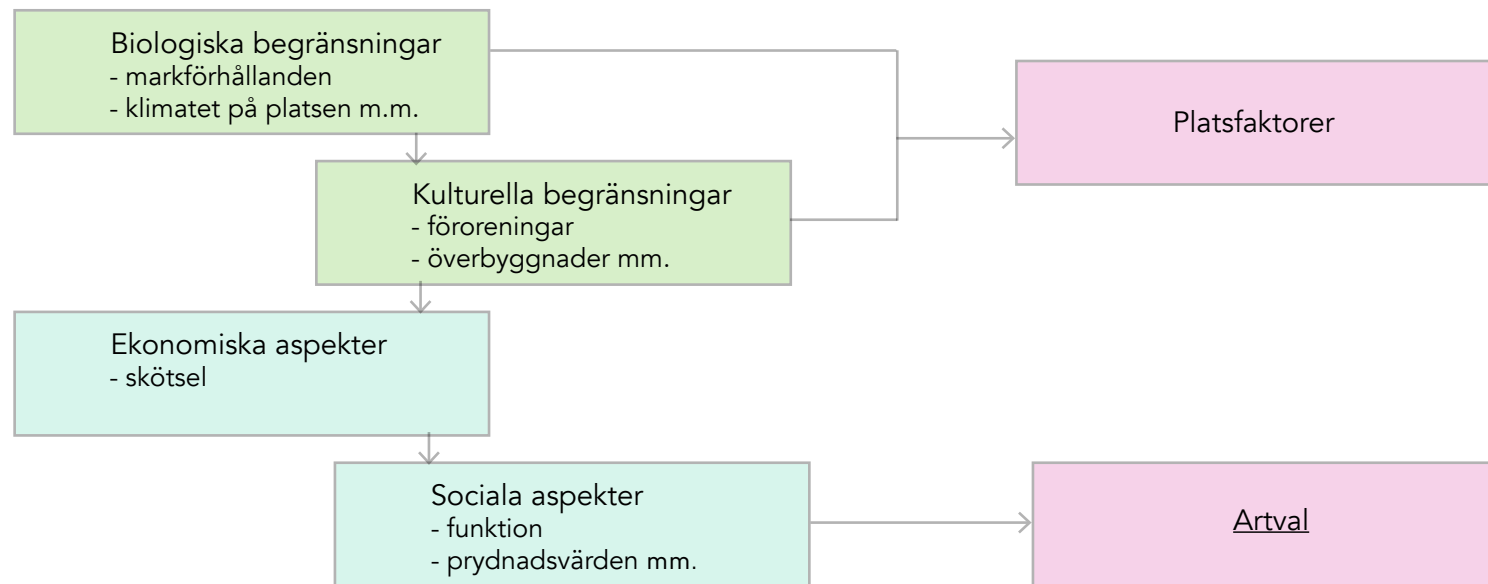
Tabellen utgörs av en rad olika punkter som var och en ska bidra till att förenkla selektionsarbetet av olika trädarter. Som framkom i samband med analysen är platsen som behandlas en relativt utsatt gata med stor mänsklig påverkan i form av föroreningar och där pH kunde konstateras vara relativt högt på vissa håll. Därför var det viktigt att titta på de arter som både kan tolerera perioder av torka samt ett högt pH (*jordkrav* och *torktålig*). Det kunde även fastställas

att den höga andelen hårdgjorda material bidrog till att det under sommarmånaderna kunde bli väldigt varmt, alltså var det därför lämpligt att titta på just de arter som gynnas av längre perioder av värme (se kap 3:2:4). Då stora variationer mellan sol/skugga uppvisades på samma gata måste man även titta på trädens morfologiska egenskaper så som hur kronan är uppbyggd, närmare bestämt hur genomsläpplig den är, dess så kallade "Branch Area Index" (se tabell 2). På de skuggigare partier av gatan kan man därför använda sig av arter med en "gles" krona (se figur 11) för att släppa igenom så mycket solljus som möjligt. Detta kan tyckas som en obetydlig åtgärd men kan ha stor påverkan på det lokala klimatet på platsen.

Även mer praktiska punkter som ***höjd***, ***kronform***, ***genomgående stam*** samt ***lämplig sort*** tas upp. Dessa punkter är främst viktiga ur ett ekonomiskt perspektiv för att fastställa vilka skötselinsatser som kan komma att krävas men kan även vara viktiga ur klimatsynpunkt t.ex. om det är blåsigt på platsen så kan man välja en sort med låg förgrening (se figur 9). Dessa punkter kan också vara viktiga ur ett estetiskt perspektiv, där sort vara av yttersta vikt.

2.4 Millers urvalsmodell

Under processen med insamlandet av litteratur uppdagades Millers urvalsmodell (se figur 5). Modellen är uppdelad i två delar där den översta delen främst syftar till de platsspecifika begränsningar som kan tänkas finnas. Denna är i sin tur uppdelad i "miljömässiga begränsningar" och "kulturella begränsningar", där de miljömässiga främst består av biologiska begränsningar som klimat, markförhållanden, hårdighet och friskhet. Med kulturella menar Miller de fysiska begränsningarna orsakad av mänsklig påverkan förklarar Hasan et al (2017). Där ingår faktorer som föroreningar, övertäckningar genom hårdgjorda material med mera. De två andra faktorerna tar upp de ekonomiska, estetiska och sociala aspekterna. De ekonomiska faktorerna som nämndes tidigare berör främst skötsel medan estetiska och sociala aspekterna behandlar faktorer som t.ex. praktisk användning, trygghet/ otrygghet samt olika prydnadsaspekter. Modellen förenklades något för att bättre passa in i arbetet. I arbetet är det i första hand de miljömässiga samt kulturella faktorerna i Millers modell som ska komma att ligga till grund för urvalet på platsen.



Figur 5 - Millers modell.
Översättning från Miller (1997)

3. Teori

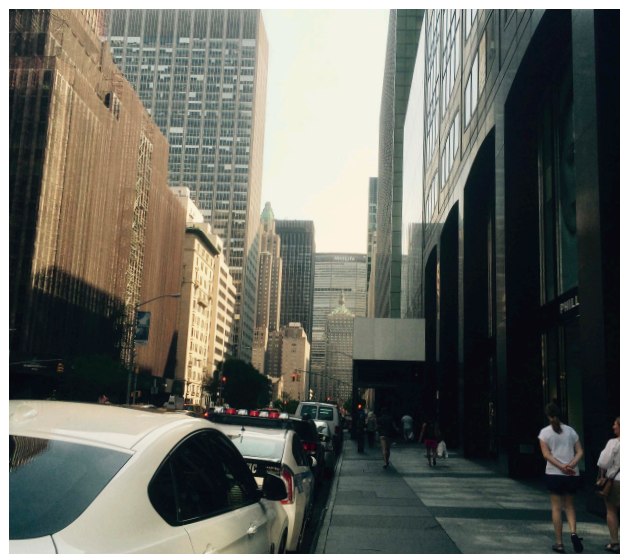
3.1 Förtätningens konsekvenser

År 2050 väntas omkring 70% av jordens befolkning att bo i städer enligt beräkningar som FN (2014) har gjort, där den största urbaniseringsgraden väntas i utvecklingsländer i Afrika och Asien. Detta stora inflöde av människor till städerna kommer i framtiden att ställa stora krav på hur våra städer planeras och används.

Gunawardena et. al (2017) talar om att det idag finns två olika vägar inom stadsutvecklingen där den ena är genom en fortsatt utbredning medan en majoritet lyfter förtätningen som ett hållbarare alternativ. Genom bättre och effektivare markanvändning tar man tillvara på tidigare outnyttjade markresurser inom stadens gränser som t.ex. gammal industrimark, samtidigt som man fredar landsbygdens bördiga jordbruksmarker. Ett viktigt mål med denna utveckling menar Boverket (1999) är t.ex. de minskade avstånden som skapas mellan hem och arbete som därigenom leder till ett minskat bilanvändande.

Men förtätningen bidrar också till en minskning av stadens grönytor när dessa styckas av eller bebyggs menar Boverket (1999). Den byggda miljön som uppkommer till följd av urbaniseringen har en stark inverkan på stadsklimatet, där den urbana strukturen eller geometrin, som gatans bredd och byggnadernas höjd påverkar de termiska och aerodynamiska förhållandena i staden menar Oke (1987). Resultatet blir en s.k. *urban värmeö*, där stadens klimat oftare är varmare än den omgivande landsbygden. Den snabba urbaniseringen bidrar också till att fler ytor skapas där värmen kan lagras menar Roloff et al (2009). Många av dessa ytor består av hårdgjorda material som har en hög värmelagrande kapacitet. Gunawardena et al (2017)

menar att effekterna av värmeöar är som mest uppenbara under sommaren när det ökade solinstrålningen ökar värmesumman i staden, varpå denna långsamt avges under natten. Studier visar på att personer som utsatts för värmeslag kan ha svårare att återhämta sig om de höga temperaturerna dröjer sig kvar under natten (Norton et al 2014). I vilken utsträckning värmen kan avges beror på hur stor synfaktorn mot himlen är, den så kallade *sky view faktorn* (se figur 6), där täta gaturum bildar s.k. *urbana kanjoner*, som hindrar den långvågiga strålningen från att fritt avges ut i atmosfären (Oke, 1987).



Figur 6 - Ett exempel på där synfaktorn mot himlen begränsas genom stadens strukturer. Foto: Manuel López

3.2 Stadens klimat och förutsättningar

I boken *“Microclimatic Landscape Design”* förklarar Brown & Gillespie (1995) att en viktig förutsättning för att kunna påverka klimatet är genom en bättre förståelse och kunskap om vilka bakomliggande faktorer som påverkar klimatet såväl negativt som positivt. Klimatförhållandena på platsen beror i första hand på dess geografiska läge, klimatzon, den omkringliggande topografin, höjden över havet och så vidare (Wastenson et al., 1995). Klimatet är uppdelat i makro-, meso-, lokal- och mikroklimat, där makroklimatet är störst. Makroklimatet omfattar således större områden, vilket ger ett likartat klimat över större områden.

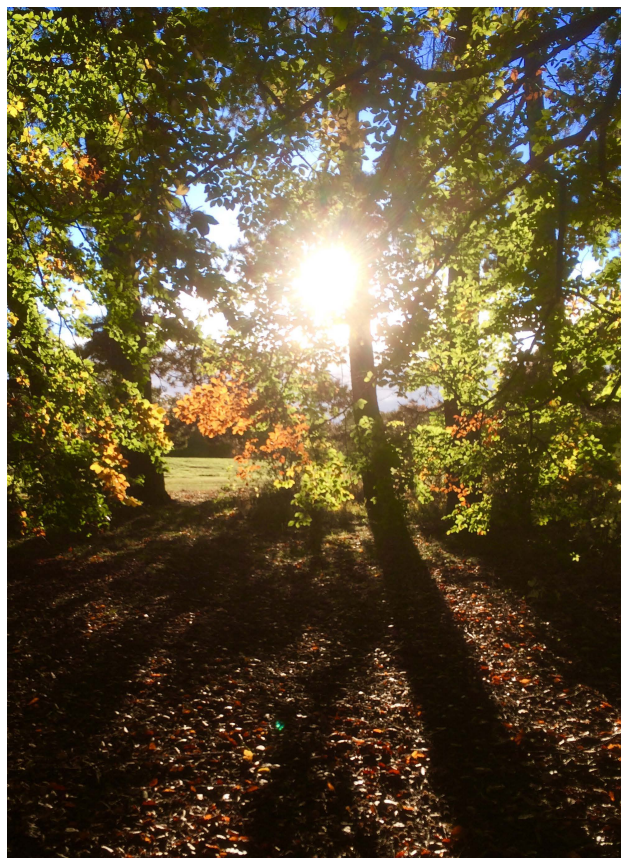
Lokal- och mikroklimatet däremot påverkas av de strukturella variationer som uppträder i landskapet. Dessa variationer kan t.ex vara en dalgång i ett skogsparti (Wastenson et al., 1995). Klimatets beteckning beror alltså på hur stort område denna omfattar. Lokalklimatet spänner sig från 100 m till uppemot 50 km, medan mikroklimatet, alltså det klimat som är allra närmast markytan sträcker sig från 1 mm upp till 1000 meter (Deak Sjöman et al. 2015).

Att förändra stadsklimatet i sin helhet, det så kallade makroklimatet är en omöjlig uppgift att ta sig an och man bör därför istället titta på hur man kan påverka och styra klimatet t.ex intill en byggnad eller en gata, det så kallade mikroklimatet (Tallhage 1994). Brown et al., (1995) anser

att de mest påverkbara delarna inom växtgestaltning är genom:

- *minskad instrålning genom beskuggning (se figur 7)*
- *vindreduktion genom läplanteringar*

Vidare anser Brown et al. (1995) att målsättningen med en klimatreglerande växtdesign bör vara att skapa trivsamma miljöer för stadens invånare. Hur vi människor upplever klimatet på en plats beror på en rad olika faktorer som lufttemperatur, luftfuktighet, fysisk aktivitet mm. Men främst beror den termiska komforten på hur kroppens egen värmebalans ser ut (Deak Sjöman et al. 2015). Värmebalansen påverkas av omgivningen och innebär en "temperaturväxling mellan kropp och omgivning" (Christensen, 2008). Mest bekant är människans evaporation som effektivt motverkar värmestress genom förångning, dvs att vi svettas för att reglera värmebalansen. Brown et al. (1995) beskriver den termiska komforten genom en energibudget, där ett starkt inflöde av energi bidrar till ett energiöverskott, alltså att personen blir överhettad. Medan en stark negativ energibalans bidrar till att personen blir nedkyld. För att nå en termisk komfort på en plats måste man därför eftersträva att nå en jämn energibalans. Genom relativt små ingrepp i landskapet kan man bidra till att människors upplevelse av platsen blir trivsam och därigenom använda platsen så som den är tänkt att användas.



Figur 7 - Exempel på hur stora träd hindrar solens strålar från att nå markytan och därmed skapar en sval plats i detta parkrum.

Foto: Manuel López

3.2.1 Strålningens inverkan

Solens strålning når jordytan i två olika former, genom direkt strålning eller diffus strålning (Deak Sjöman et al. 2015). Direkt strålning är den del av solstrålningen som direkt når jordens yta utan att absorberas eller reflekteras bort av annan materia. Den diffusa strålningen är således den del av solstrålningen som genom vattenånga och/eller andra partiklar i jordens atmosfär finfördelas på sin väg ner till jordytan och där resterande strålningsmaterial reflekteras tillbaka mot källan (Oke, 1987). Beroende på om det är klart eller mulet ute avgör därför hur stor del av strålningen som når markytan och på så sätt bidrar till en höjning av mark- och lufttemperaturen (Deak Sjöman et al. 2015). Vegetationen spelar också en avgörande roll i hur stor del av den inkommande strålningen som reflekteras tillbaka. På landsbygden där en stor del av vegetationen är intakt är andelen av den inkommande strålningen som reflekteras tillbaka mellan 20–25%. I städerna är den siffran omkring 15% eller lägre (Forestry Commission, 2012).



Figur 8 - Bilden visar nysnö som har en hög reflektiv förmåga, och därmed också ett högt albedo. Foto: Manuel López

En annan viktig faktor som påverkar strålningen och därigenom också temperaturen är Albedo (se tabell 1). Albedo kan definieras som en ytas förmåga att reflektera bort den kortvågiga strålningen, ju högre albedo desto bättre är materialets förmåga att reflektera bort solinstrålningen och vice versa. Som bekant domineras våra städer av material med lågt albedo och har därmed bättre värmelagrande kapacitet. Genom att istället använda material med högt albedo kan man sänka yttemperaturerna och minska intensiteten från den långvågiga strålningen menar Taha (1997).

Tabell 1 - Tabellen redogör för olika materials förmåga att reflektera bort strålning, där ett högre albedotal innebär en bättre, reflektiv förmåga. Tabellen är en översättning från Brown & Gillespie (1995)

Material	Albedovärde
Asfalt	0,05 – 0,15
Betong	0,1 – 0,5
Tegel	0,2 – 0,5
Sten	0,2 – 0,35
Tjära och grus (tak)	0,08 – 0,18
Takpannor (tegel)	0,10 – 0,35
Skiffer (tak)	0,10
Halmtak	0,15 – 0,20
Korrugerad plåt	0,10 – 0,16
Vit färg	0,50 – 0,90
Röd, brun och grön färg	0,20 – 0,35
Svart färg	0,02 – 0,15

Övriga material	Albedovärde
Gräs	0,20 – 0,30
Skog	0,05 – 0,20
Lövfällande skog	0,10 – 0,20
Barrskog	0,05 – 0,16
Vatten (hög solvinkel)	0,05
Vatten (låg solvinkel)	0,95
Nysnö	0,70 – 0,95
Snö	0,40 – 0,70

3.2.2 Värmeförhållandena i staden och problemet med värmeöar

Redan på 1800-talet noterade Howard (1833) en kraftig avvikelse mellan stadens temperatur och klimatet. Detta konstaterade han berodde på stadens struktur, befolkningstätheten och förbränningen av drivmedel och andra utsläpp. Idag är fenomenet med värmeöar välkänt, där staden inverkar på lokalklimatet, vilket leder till en högre temperatur i staden i förhållande till den omkringliggande landsbygden. Genom stadens struktur och dess sammansättning av olika byggda element påverkas klimatet lokalt främst genom den vinddämpning som sker men också genom den absorption av den inkommande strålningen (Oke, 1987). Stadens struktur leder också till att den del av den inkommande strålningen "hindras" från att fritt stråla upp i atmosfären, istället stannar den kvar i den sk. *urbana kanjonen* (Edmondson et al., 2016; Deak Sjöman et al. 2015). I riktigt tätbebyggda städer kan detta således resultera i en förhöjd nattemperatur på mellan 5-10°C menar Wastenson et al (1995).

Som nämndes tidigare bidrar förtätningen av våra städer till att stadens grönområden i allt större omfattning bebyggs eller ersätts av hårda material som betong, tegel och asfalt. Materialen bidrar i sin tur till ett värmeöverskott genom att de effektivt lagrar värme samt sänker luftfuktighet och albedo på platsen (SMHI, 2013). På grund av att dessa material fungerar vattenavstötande, leder det till en begränsad tillgång på vatten i staden. Vattnet spelar en avgörande roll i att sänka temperaturen i samband med evaporationen. Då denna process är energikrävande, går det åt en stor

mängd energi som har en avkylande effekt på såväl ytan som den omkringliggande luften (Oke, 1987).

Den begränsade avdunstningen genom täta överbyggnader i kombination med antropogena faktorer som genererar värme och utsläpp är alla bidragande till de höga temperaturerna i staden (Wastenson et al., 1995; Zipper et al., 2017; Stockholms stad 2017). Howard (1833) beskrev också fyra andra faktorer som bidrar till förhöjda temperaturer.

- *klart väder, att solens strålar tillåts obehindrat att nå markytan*
- *varma och torra markförhållanden*
- *att de två ovanstående inträffar under sommarhalvåret*
- *att vinden kommer från söder*

Genom att plantera in mer grönstruktur som olika träd och andra växter kan man lindra de oönskade effekterna av värmeöar. Taha (1997) visar på en rad olika exempel runt om i världen där vegetationen har visat sig minska effekterna av värmeöar. Träd kan genom sin beskuggning direkt bidra till att lindra värmeöeffekten. Genom att skugga en yta hindras solinstrålningen att nå en yta, med en lägre ytemperatur som följd. Vegetationen har också sämre värmelagrande egenskaper än hårdgjorda material, genom sin förmåga att reflektera tillbaka en stor del av den inkommande strålningen (Taha, 1997; Akbari, 2001).

3.2.3 Effekterna av värmeöar hos människor

Som ett resultat av klimatförändringarna har värmeböljor blivit allt vanligare och deras frekvens och omfattning förväntas öka i framtiden. Enligt folkhälsomyndigheten leder de höga temperaturerna till en ökad belastning på hjärta och cirkulation bland främst äldre men också hos personer med kronisk sjukdom, gravida samt små barn (Folkhälsomyndigheten, 2018). Inne i städerna kan temperaturerna nå sådana nivåer att påföljden kan bli dödlig. Värmeböljan i Frankrike sommaren 2003 som varade i två veckor beräknas ha lett till mellan 22 000 – 45 000 förtida dödsfall bland befolkningen, en ökning på 130% (Christensen, 2008; Norton et al., 2015). I Sverige var juli månad 2018 den varmaste på 260 år, där temperaturerna ofta översteg 30°C. Under denna period ökade dödsfallen jämfört med tidigare somrar, visar en sammanställning som folkhälsomyndigheten har gjort. Totalt rör det sig om ca 700 dödsfall under veckorna 23–35 (Folkhälsomyndigheten, 2018). Det finns idag studier som visar på ett ökat samband mellan de ökade sjuk- och dödsfallen och effekterna av urbana värmeöar (Norton et al., 2015). Detta beror på att urbana värmeöar bidrar till att förlänga effekterna av värmeböljor långt in på nätterna menar Kovaks (2008).

3.2.4 Möjligheter i samband med varmare städer

Även om problemet med värmeöar ofta lyfts fram som ett allvarligt problem på sydligare breddgrader, kan de i vår del av världen nästan ha en positiv inverkan genom minskade uppvärmningskostnader under vinterhalvåret menar Taha (1997).

De allt högre temperaturerna, den begränsade tillgången på vatten samt höga halter luftföroreningar i våra städer gör att en majoritet av trädbeståndet i våra städer i framtiden inte längre kommer kunna uppnå de kvaliteter som vi eftersträvar, då dessa ofta har sitt ursprung i rika och svala skogssystem (Sjöman et al. 2012). I framtiden kommer vi därför i allt större utsträckning bli tvungna att använda oss av ett bredare register, där flera exotiska trädarter som bättre kan stå emot de kärva klimatförhållandena i städerna är bättre lämpade menar Sæbø et al (2003). Den värmesumma som skapas i städerna bidrar också till att skapa bättre odlingsförhållande hos vissa arter. Till skillnad från många av våra inhemska arter gynnas exotiska arter av en förlängd vegetationsperiod. Många av dessa arter får en bättre utveckling men också en bättre hårdighet genom att de får längre tid på sig att avmogna innan vintern (Deak Sjöman et al. 2015).

I dag är många av de trädarter som traditionellt används i stadsmiljö i stor utsträckning överanvända. I valet av gatuträd kan man se att artdiversiteten bland dessa ökar ju längre ner på kontinenten man kommer (Sæbø et al, 2003). Idag möjliggör klimatet i våra städer en bredare användning av mindre traditionella arter även i svenska förhållanden. Genom en större variation kan trädbeståndet i våra städer också bättre stå emot framtida farsoter anser Sæbø et al(2003). Man har under en lång tid förlitat sig på ett fåtal

beprövade arter och kloner. Till exempel utgörs 70% av alla nyplanterade träd i Oslo av en enda klon av träddarten lind *T. vulgaris* 'Pallida' och hela 90% trädbeståndet i Reykjavik av samma poppelart *P. trichocarpa* (Sjöman & Nielsen, 2010). Enligt Sjöman et al (2018) beror detta främst på en kunskapsbrist i branschen när det gäller användningen av mindre traditionella arter men också en ovilja att "chansa" på oprövat material. Eftersom det mesta av växtmaterialet i våra städer består av sådana arter som vi redan känner till är således mängden planterade exotiska trädarter i minoritet och kan därför inte heller fungera som referens för framtida planteringar (Sjöman & Nielsen, 2010). En annan bidragande faktor menar Sjöman et al (2018) är den begränsade tillgängligheten hos plantskolorna. I Sverige är föreningen E-planta drivande i framtagandet av nytt växtmaterial och där pågår idag ett selektionsarbete för att ta fram nya härdiga gatuträd som bättre kan stå emot framtidens stadsklimat (E-planta).

Ett sätt att komma tillrätta med problemet är genom högre diversitet bland stadens trädpopulation. Genom en större variation av arter skapas även en mer dynamisk stadsbild med en tydligare identitet menar Sæbø et al(2003).

3.3 Sol- och skuggförhållandena i staden

Solen är en förutsättning för allt liv på jorden. Det är också den som har störst inverkan på klimatet genom den jämvikt som skapas mellan den inkommande – och den utgående strålningen (Wastenson et al., 1995). Hur stor del av den inkommande strålningen som når jorden beror dels på solens läge men också var i landet vi befinner oss samt om det är klart eller molnigt ute (SMHI, 2013).

I Sverige kan solvinklar under olika årstider se olika ut och därmed påverka hur stora skuggeffekterna t.ex intill en byggnad blir. I norr där solen under vinterhalvåret ligger lågt blir effekterna således längre än i det sydligaste delarna av landet. Under sommarhalvåret när solen däremot står högt på himlen blir dessa mycket mindre, med större solinstrålning och högre temperaturer som följd (Deak Sjöman et al. 2015). I planeringen bör man därför fundera kring hur årstidsvariationen på platsen ser ut. Beroende på årstid kan behovet av beskuggning respektive solinstrålning på samma plats vara helt olika. Lövfällande träd kan bidra till att minska solinstrålningen genom att de under de mest intensiva sommarmånaderna reflekterar bort en stor del av solinstrålningen på platsen. Omvänt kan de under vinterhalvåret när behovet av solinstrålning är som allra störst istället släppa igenom solinstrålningen och på så sätt bidra till att skapa en behagligare utevistelse (Tallhage 1994; Brown et al., 1995). Det är dock viktigt att poängtera att skillnaden i grentäthet mellan olika lövfällande trädarter har en stor betydelse för hur omfattande solinstrålningen på platsen blir vintertid. Ett träd med relativt gles krona är därför mer lämplig att användas på våra breddgrader, där antalet soltimmar vintertid är få (Deak Sjöman et al. 2015).

3.3.1 Vindförhållandena i staden

Hur vindförhållandena i staden ser ut beror till stor del på det omkringliggande landskapets utseende och stadens topografi. Stadens oregelbundna struktur genom byggnader och annat bidrar till att vindarnas hastighet kraftigt reduceras (Tallhage 1994). Medan det mellan byggnader, och på gathörn kan bildas kraftig turbulens. Höga strukturer i stadslandskapet för dessutom med sig kraftiga vindar ner till t.ex. torg och andra öppna ytor (Wastenson et al., 1995). Gatans riktning och utseende påverkar också i vilken omfattning vindarna tillåts accelerera (Deak Sjöman et al. 2015). Skillnaden mellan den lugna innergården och den kraftigt utsatta gatan några meter bort kan således vara mycket stor.

Tallhage (1994) förklarar att en viktig del i skapandet av trivsamma utemiljöer är vinddämpningen (se figur 9). Genom att plantera in rätt vegetation kan man bidra till att dämpa vindbyar på en plats. Omvänt kan man genom gallring leda bort kallluft och därigenom minska frostrisken på en plats förklarar Wastenson et al. (1995). Vinddämpning bidrar också till att kostnaderna för uppvärmning av byggnader minskar (Vedin, 1995). Betydelsen av vegetation som vinddämpare är således stor och allra störst effekt får den om den fördelas ut jämnt över en större yta menar Tallhage (1994).



Figur 9 - På detta torg används träd av fastigiata variant för att bromsa upp de hårda vindbyar som stadens struktur bidrar till. Foto: Manuel López

3.3.2 Markförhållandena i staden

En viktig förutsättning vid trädetablering är att markförhållandena på platsen är goda, med det åsyftas att möjligheterna för trädet att kunna utvecklas och nå en avsevärd ålder. I stadsmiljö är dessa krav ofta svåra att tillgodose, genom en rad olika faktorer. Markförhållandena i staden kan precis som klimatet variera stort mellan olika platser. Den största utmaningen för träden är dock de ofta snålt tilltagna växtbäddarna (se figur 10) samt det begränsade utrymmet under mark som tillkommer när flera funktioner tvingas samsas om samma utrymme. Det är därför inte helt ovanligt att konflikter uppstår mellan träden och den underjordiska infrastrukturen i staden (Deak Sjöman et al. 2015; Stockholms stad, 2017).

De ofta täta överbyggnaderna ställer också till med problem genom att de hindrar vatten från att nå markprofilen, vattnet leds ofta bort istället för att tas tillvara på i planteringarna. Även det organiska materialet hindras vilket i kombination med omfattande markkompaktering leder till minskad biologisk aktivitet. Dessutom bidrar vittrande betongmaterial genom användning av vägsalt till en omfattande höjning av pH i jordarna. Resultatet blir torra, fattiga, basiska jordar där markstrukturen delvis eller helt förstörts. Utöver den markkompaktering som blir genom maskiner och dylikt bidrar också vattendroppar till omfattande skorpbildning. Detta kan undvikas genom *mulchning* eller genom att plantera in annan låg vegetation. Marktäckande vegetation kan förhindra skorpbildning på platsen men även bidra till en ökad mullhalt genom sin avsättning av organiskt material (Sjöman & Lagerström, 2007).



Figur 10 - En stor utmaning för stadens träd är de ofta mycket utmanande odlingsförhållandena som staden erbjuder. Foto: Manuel López

3.3.3 Skelettjordar

Som nämndes tidigare är trädetts möjligheter att fritt kunna röra sig genom markprofilen i staden många gånger begränsad genom de olika funktioner som tvingas

samspara under jord. Till de underjordiska påfrestningarna tillkommer även belastningar ovan jord. Till exempel begränsas tillgången på vatten genom ogenomträngliga överbyggnader och markkompaktering, där markens struktur helt eller delvis förstörts samt förhindrar gasutbytet vilket resulterar i att trädet med tiden dör av koldioxidförgiftning (Stockholms stad, 2018).

Ett sätt att komma tillrätta med dessa problem är genom att anlägga sk. *skelettjordar*, där trädets behov i form av vatten och syre bättre kan tillgodoses. Skelettjordar är konstruerade genom stora stenar som klarar belastningar från tung trafik och annat, samtidigt som det skapas hålrum för trädets rötter (Stockholms stad, 2018). I Stockholm arbetar man idag även med att leda in det vatten som faller ner i form av nederbörd, in till växtbäddarna och på så sätt fördröjer man det vatten som annars skulle ha en stor belastning på stadens VA-system (Stockholms Stad, 2018).

Trots att skelettjordar ofta erbjuder generösare förutsättningar än många andra växtbäddar i stadsmiljö, är dessa ändå inte jämförbara med de betydligt gynnsammare odlingsförhållanden som parkmark erbjuder. Detta korrelerar oftast med ogenomträngliga överbyggnader, där det organiska materialet sällan kommer trädet tillgodo (Deak Sjöman et al. 2015). Mängden nederbörd kan också under vissa perioder på året vara väldigt begränsad, vilket resulterar i att det periodvist kan bli väldigt torrt i växtbäddarna. Vid plantering i skelettjordar bör därför de arter med förmågan att hantera näringsfattiga, men också torra förhållanden väljas.

3.4 Trädens betydelse

En viktig komponent för att möta effekterna av den urbana värmeö är genom en ökning av stadens grönstrukturer, där träden spelar en särskild roll genom sin förmåga att lokalt påverka den termiska komforten på platsen menar Armson et al (2012). Genom sin beskuggning, förmåga att absorbera och reflektera bort solinstrålningen från hårdgjorda ytor samt genom sin evapotranspiration fungerar träden som viktiga värmesänkare i staden (Roloff, 2016; Deak Sjöman et al. 2015; Berry et al, 2013).

3.4.1 Trädkronans betydelse

Hur effektivt träden kan bidra till att sänka temperaturen beror på en rad olika faktorer där kronans uppbyggnad och täthet är mest signifikant menar Hiron och Sjöman (2018). Genom trädkronan hindras mycket av den kortvågiga strålningen från att nå markytan och bidrar därigenom till att öka den termiska komforten på platsen menar Rahman & Ennos (2016). Under de mest intensiva sommarmånaderna kan trädets krona bidra till att reducera upp till 90% av den inkommande strålningen (Rahman & Ennos, 2016). Vid placering av träd är det därför viktigt att fundera kring trädkronornas egenskaper som täthet och genomsläpplighet då dessa kan ha en stor inverkan på platsen.

Trots vårt nordliga och kalla klimat kan temperaturerna under sommarhalvåret ändå nå relativt höga nivåer på vissa håll i landet, på så sätt kan behovet av beskuggning

även här vara stort. Lika viktigt är behovet av solljus under vinterhalvåret och följaktligen bör även trädets vinteraspekter tas i beaktning i planeringen. Skillnaden mellan olika trädarter i avlövad tillstånd varierar stort och trädets kronuppbyggnad och dess egenskaper kan ha en stor inverkan på mikroklimatet. Till exempel kan ett träd med en koncentrerad "grenmassa" bidra till att en plats uppfattas som kall och ogästvänlig, medan ett träd med en sparsam grenuppbyggnad kan ha en motsatt effekt (Deak Sjöman et al. 2015). På vistelseytor och intill byggnader kan det därför vara klokt att placera träd som ger en svalkande beskuggning sommartid men som släpper igenom mycket av solinstrålningen under årets kalla månader (se figur 11). På öppna platser som t.ex. torg och annat kan träd med ett tätare uppbyggnad och bladverk vara lämpliga att användas, då dessa effektivt bidrar till att bromsa upp vindar (Sjöman et al, 2016). Men täta trädarter kan också ha mer indirekta effekter på klimatet. Till exempel kan trädkronan hos vanlig skogslönn *A. platanooides* hindra en stor mängd av den nederbörd att nå markytan genom sin *interception*, och därigenom minska mängden tillgängligt vatten som genom avdunstningen har en temperatursänkande effekt (Oke, 1987). Trädets "grentäthet" kan mätas genom *Branch Area Index* (se tabell 2), där träd med ett lågt BAI är sådana trädarter med genomsläpplig krona (Vichev, B.I & Kostov, K.G, 2012).

En annan aspekt som bör beaktas är när på året trädet utvecklar sina blad. Träd med ett sent bladutspring kan vara väldigt lämpliga att använda intill en byggnad eftersom dessa då kan bidra till att sänka uppvärmningskostnaderna. Som exempel kan kentuckykaffeträdet *Gymnocladus*

dioicus (se figur 18) nämnas som inte slår ut förrän i mitten av juni och därmed släpper in mycket av den nödvändiga solinstrålningen under de tidiga kalla månaderna (Deak Sjöman et al. 2015).



Figur 11 - Kinesträd (*Koelreuteria paniculata*) är ett exempel på ett träd med genomsläpplig krona vintertid. Foto: Manuel López

Tabell 2 - Exempel på några arters genomsläpplighet genom Branch Area Index (Sjöman et al. 2016)

Art	Branch Area Index
<i>Acer rubrum</i>	0,90
<i>Alnus cordata</i>	1,04
<i>Corylus colurna</i>	1,46
<i>Fraxinus ornus</i>	0,98
<i>Ginkgo biloba</i>	0,27
<i>Gleditsia triancanthos</i>	0,97
<i>Quercus cerris</i>	1,10
<i>Quercus frainetto</i>	0,84
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0,65
<i>Styphnolobium japonicum</i>	0,40

3.5 Förutsättningar på platsen

För att träden ska kunna leverera de ekosystemtjänster som vi efterfrågar på platsen är det viktigt att deras möjligheter att överleva samt utvecklas på platsen är goda menar Martin et. al (2016). Det finns idag ett stort bortfall bland antalet nyplanterade träd i offentlig miljö, där en starkt bidragande faktor är dels bristande skötselinsatser i etableringsfasen men också att liten eller ingen hänsyn till platsens förutsättningar tagits menar Vogt et al. (2017).

Genom stadens utveckling har ett mer komplext stadsklimat uppkommit, där stadens växtmiljö avsevärt skiljer sig från de naturliga habitat som många av de arter som traditionellt använts har sitt ursprung i (Roloff, 2016). Många av de trädarter som används i stadsmiljö har oftast sitt ursprung på betydligt rikare ståndorter och är därför mindre anpassade att hantera de oftast mycket extrema odlingsförhållanden som staden erbjuder (Sjöman et al. 2015). I staden utsätts träden för omfattande stressfaktorer, vilket avsevärt förkortar deras livslängd menar Sjöman et al. (2015). Sæbø et al. (2003) menar att det därför är viktigt att identifiera de arter och genotyper som är bättre utrustade för att hantera faktorer som:

- mikroklimatet på platsen
- det begränsade utrymmet ovan och under jord
- vattenbrist
- ljusbrist
- sjukdomar
- luftföroreningar

3.5.1 Trädens anpassningar – stress

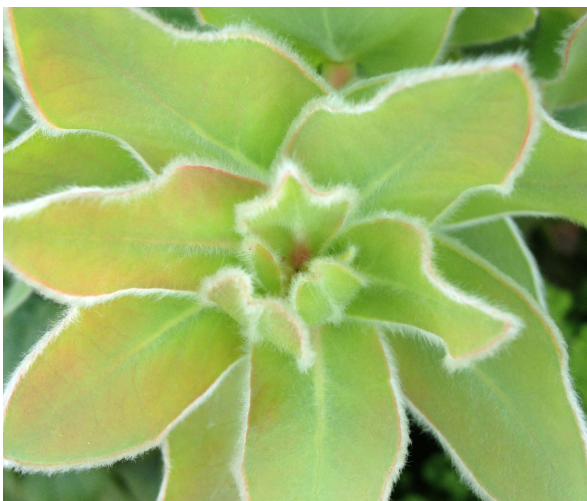
I vilken utsträckning träden kan konkurrera om livs-utrymmet på en plats beror till stor del på trädets förmåga att hantera olika typer av stress. Stress kan beskrivas som: "En avvikelse från de optimala förutsättningarna" (Korn, 2016). Arterna har på sina naturliga habitat utvecklat en rad olika anpassningar som ett resultat av de olika typer av abiotiska och biotiska stressfaktorer på platsen, där de abiotiska utgörs av torka, översvämning, syrebrist, näringsbrist mm. Medan de främsta biotiska stressfaktorerna innefattar konkurrens från andra arter, sjukdomar, angrepp från djur och skadeinsekter men även atropogena faktorer som föroreningar, markkompaktering osv. (Korn, 2016). En avgörande faktor för trädets överlevnad är också hur långvarig stressregimen är, då en kontinuerlig stress kan äventyra artens fortlevnad på platsen (Sjöman et al. 2015).

3.5.2 Anpassningar till varma och torra miljöer

På varma och torra platser med återkommande torrperioder är bristen på vatten ett faktum. Många arter har därför utvecklat en rad olika strategier för att kunna stå emot torka. Dessa anpassningar är desamma som salttolerans, kyla och föroreningar menar Korn (2016). Bland växterna finns två olika mekanismer för att kunna hantera torka, *undvikande* och *tolerans*.

Bland träd brukar man främst prata om *tolerans*, alltså hur trädet kan tolerera, eller snarare hantera stressfaktorerna på platsen (Sjöman et al. 2015). I torra miljöer är träden utrustade med en rad olika mekanismer där målsättningen är att:

- *effektivisera upptag av vatten*
- *begränsa vattenförlusten*



Figur 12 - Ett sätt att anpassa sig till varma miljöer och minska avdunstningen är att anlägga ludna blad. Foto: Manuel López

Vattnet är av stor betydelse för såväl människor som för växter. Hos växterna har vattentillgången en särskilt viktig roll att spela då den styr en rad olika livsviktiga funktioner. Till exempel är vattnet en förutsättning för fotosyntesen genom sin transport av socker och andra näringsämnen till växtens olika delar (Sjöman et al. 2015). Transporten från luften genom växten går via dess *klyvöppningar*. Dessa varierar i både omfång och mängd mellan olika växter. Hos de allra flesta växter hålls dessa öppna under dagen för att den koldioxid som växten behöver ska kunna tas upp. En oundviklig effekt av detta är den vattenförlust (transpiration) som sker i samband med att dessa hålls öppna. Den största vattenförlusten hos växter sker således genom klyvöppningarna i samband med gasutbytet som sker mellan de och den närmaste omgivningen. Genom att kontrollera klyvöppningarna kan därför växten bättre styra vattenförlusten under perioder med begränsad vattentillgång, stark solinstrålning eller låg vattenmättnad i luften menar Korn (2016).

När växten väljer att stänga sina klyvöppningar beror också på temperaturen, när transpirationen har överstigit vattenupptaget, men också när koldioxidupptaget hos växten är mättat menar Raven (1999). Vid riktigt höga temperaturer kan växten välja att helt stänga sina klyvöppningar, därigenom hindras vattenförlusten men också upptaget av koldioxid i luften som är en förutsättning för fotosyntesen. I samband med respirationen sker en begränsad produktion av koldioxid som kan bistå växten för att denna livsviktiga funktion ska kunna fortgå, denna är dock begränsad och kan vid långvarig torkstress således ha förödande konsekvenser för växten (Raven, 1999).

Ett sätt för många träddarter att kunna tillgodogöra sig det ofta otillgängliga vattnet är genom att investera i stora och djupgående rotsystem. Korn (2016) beskriver hur att man i Australien har funnit släkten av *Acacia* där rötterna har letat sig ner till 12 m under marken. Ett annat sätt är genom att anlägga större xylem (den del som hanterar vattentransporten i växten) Genom att anlägga ett större xylem med mindre kärl utökas ytan för vattenupptag, samtidigt som risken för kavitation minskar menar Korn (2016). Växternas förmåga att tillgodose sig vattnet begränsas vid vattenbrist eftersom vattenupptaget är beroende av den jämvikt som skapas mellan bladets vattenmättnad och luftfuktigheten som omger den hävdar Korn (2016).

Då det mesta av gasutbytet sker genom bladen är det inte så förvånande att många växter har utvecklat särskilda strategier hos just dessa. En sådan strategi är att begränsa den exponerade bladytan, och därigenom minska vattenförlusten i samband med transpirationen. Bladytan är ofta flera grader varmare än den omkringliggande luften (Oke, 1987). Genom att utveckla flikiga-, sammansatta- eller nållika blad minskas den exponerade ytan mot solen och bladet kan därigenom hålla en lägre yttemperatur än hos ett "helt" blad. Hos barrväxter investerar växten istället i små barr för att täcka en så stor yta som möjligt i förhållande till dess massa, och får därigenom en större ytarea som värmen kan avges på förklarar Oke (1987). Ytterligare en strategi är att anlägga ett tjockt vaxlager, en s.k. *kotikula* eller ludna blad (se figur 12), båda bidrar till att förhindra att de blir för varma och på så sätt fungerar till att minska avdunstningen (Sjöman et al. 2015).

Hos lövträden kan man under riktigt soliga dagar observera hur vissa arter kan välja att vända bort bladytan från solen, ett sådant exempel är silverlinden, *T. tomentosa* (se figur 13) som har valt att investera i stjärnhår på bladens undersida. Dessa kan vid riktigt varma dagar vändas för att reflektera bort den allra starkaste solen och således minska vattenförlusten. Andra strategier är att rulla ihop bladen eller vid långvarig värmestress kan vissa arter som en sista utväg välja att fälla sina blad i förtid, dessa arter är främst *pionjärarter* som ofta har sitt ursprung på rika ståndorter där tillgången på både vatten och näring ofta är mycket god (Sjöman et al. 2015).



Figur 13 - Silverlind *Tilia tomentosa* har en förmåga att under riktigt varma dagar vända sina blad för att förhindra att dessa blir överhettade. Foto: Manuel López

4. Resultat

4.1 Växtval för Vretensborgsvägen

I samband den initiala analysen (se 2.1) kunde det konstateras att platsen som behandlades kunde likställas vid en mycket hårt trafikerad gata i innerstadsmiljö. De begränsningar som ringades in i samband med analysen var dels den tunga trafiken, den höga andelen hårdgjorda material i kombination med en låg andel växtlighet, som alla bidrar till att platsen fungerar som en värmeö i staden (se figur 4). Även om platsen är både varm och torr är variationerna mellan sol och skugga stora (se figur 3) dels på grund av terrängen och höjden på byggnaderna, där de högre huskropparna på den södra delen av gatan helt skiljer sig från den norra delen som främst utgörs av låga byggnader. Då platsen fungerar som en värmeö kan träd med lägre zonangivelse än 2-3 användas här.

Efter analysen fick Millers modell (se figur 5) utgöra stommen i selektionsarbetet. I denna tittar man i första hand på de biologiska samt kulturella begränsningar som begränsar arten från att kunna etablera sig framgångsrikt på platsen. Då ståndorten på platsen är en hårt trafikerad gata i innerstadsmiljö måste vi i första hand ringa in de arter som tolererar de mycket tuffa förhållandena som råder på en sådan ståndort. Genom litteraturen kunde därefter ett antal arter ringas in för att slutligen sammanställas i tabellform (se tabell 3).

Ofta i samband med trädval för stadsmiljö eftersträvas en enhetlighet i uppbyggnad av dessa. Detta kan förklaras med att skötselinsatserna då blir mindre och på så sätt kan kostnaderna hållas nere. Men detta är på sikt vanskligt då homogena trädplanteringar är mer utsatta i samband med att klimatet i våra städer förändras i allt snabbare takt.

Genom att istället utmana normen med ensidiga trädrader kan således fler dynamiska planteringar skapas. Detta behöver dock inte medföra ett stökigt intryck. Genom att välja arter med liknande uttryck och karaktär kan ändå sammanhållna planteringar skapas.

Baserat på tabellen (se tabell 3) har en handfull arter (se figur 15) som är bäst lämpade för gatumiljö sedan ringats in. Utifrån de olika förutsättningarna på gatan samt arternas växtsätt och uttryck har sedan olika kombinationer skapats (se diskussionen), tre för gatumiljö och en för solitärer, bland dessa är det främst de arter som kräver utrymme genom sitt växtsätt.

Genom den information som insamlats under arbetets gång har en rad arter identifierats, dessa har sedan sammanställts i tabellform (se tabell 3). I tabellen över de utvalda arterna har fokus därför lagts på att ringa in de lämpligaste arterna som kan bidra till att lindra effekterna av värmeöar på platsen. Då fokus i arbetet ligger i att skapa en ur ett klimatperspektiv funktionell plats, har prydnadsaspekter såsom blomning och höstfärger inte tagits i beaktning i detta steg. Istället är det de biologiska aspekterna de så kallade "Miljömässiga faktorer" i Millers modell som ligger till grund i selektionsarbetet, där trädets förmåga att kunna hantera de många begränsningar och utmaningar "Kulturella faktorer" i Millers modell (se 2.4) på platsen är prioriterade. Om inte trädets förutsättningar för att trivas och utvecklas på platsen kan tillgodoses kan inte heller de ekosystemtjänster vi eftersträvar så som beskuggning av värmelagrande ytor uppnås.



Figur 14 - Quercus Frainetto. Foto: Manuel López

4.2 Sammanställning av arter

Tabell 3 - Sammanställning över de arter som identifierades baserade på de egenskaper som efterfrågas på platsen. Utifrån deras förekomst i litteraturen har följande arter identifierats.

Art	Höjd	Växt-zon	Genomgående stam	Form krona	Genomsläpplighet krona	Jordkrav	Tork-tålig	Värme gynnad	Kan hantera stadsmiljö	Kommentar	Lämplig sort
Acer cappadocicum (turkisk lönn)	12–15 m *(3)	1–3 *(3)	Nej *(3)	Rund/oval *(3, 4)	Något genomsläpplig *(4)	Väl-dränerat *(1)	Ja *(4)	Ja *(3)	–	Svåretablerad och kan sätta rikligt med rotskott *(2)	
Acer rubrum (rödlönn)	10–12 m *(2, 6)	1–2 *(2, 3, 6)	Ja *(4)	Pyramidal/rund *(6, 4)	Något genomsläpplig *(4)	Sur/väl-dränerat *(3)	Ja *(5, 4)	Ja *(6)	–	Känslig för högt pH *(2, 4)	“Scanlon”
Acer soschense (dansk lönn)	12–15 m *(2)	1–3 *(6)	Nej *(6)	Oval *(4)	Något genomsläpplig *(4)	–	Ja *(5, 6)	Ja *(6)	Ja *(6)	–	“Annae”
Alnus cordata (italiensk al)	12–15 m *(8)	1–(2) *(2, 3, 4, 6, 7, 8)	Ja *(4, 6)	Smalt konisk *(4, 6, 7)	Något genomsläpplig *(4)	Väl-dränerat *(2)	Ja *(4, 6, 8)	Ja *(3)	Ja *(6, 7, 8)	Ej fuktiga lägen, kvävefixerande *(3, 4, 8)	
Catalpa speciosa (praktkatalpa)	10–15 m *(2)	1–2 *(2)	Ja *(4)	Konisk *(4)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös *(2)	Ja *(4)	Ja *(1)	Ja, men oprövad *(2)	–	
Celtis occidentalis (bärarm)	8–15 m *(2)	1–3 *(6)	Nej *(2)	Rund till skärmlik *(2)	–	Klarar tuffa förhållanden *(2, 6)	Ja *(6)	Ja *(6)	Ja *(6)	–	
Cladrastis kentukea (amerikansk gulved)	8–10 m *(2)	1–3 *(2)	Nej *(2)	Bred, rund *(2)	–	Rika mark-förhållanden *(2)	–	Ja *(2)	–	–	
Corylus colurna (turkhasse)	15–20 m *(8, 2)	1–3 *(3)	Ja *(2, 3, 4, 6, 8)	Smal som ung, betydligt bredare som äldre *(3)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös men känslig för kompakterade jordar *(2, 3, 4, 8)	Ja *(2, 3, 4, 6, 8)	Ja *(2)	Ja *(8)	Svåretablerat. Fukt och pollen kan vara ett problem. Känslig för högt pH *(3, 4, 6)	
Fraxinus ornus (mannaask)	10–12 m *(3)	1–2(3) *(2, 3, 6, 8)	Ja *(1, 2)	Rund/oval *(1, 2, 3, 6)	Tät *(7)	Torr, kalkrik *(1, 2, 3, 6)	Ja *(1, 2, 3)	Ja *(3)	Ja *(3, 6, 8)	Relativt långsam *(2, 6, 8)	

Art	Höjd	Växt-zon	Genom-gående stam	Form krona	Genomsläpplighet krona	Jordkrav	Tork-tålig	Värme gynnad	Kan hantera stadsmiljö	Kommentar	Lämplig sort
Ginkgo biloba (ginkgo)	15 m *(2, 3)	1–2 *(3, 6)	Ja *(3, 4, 6)	Oval/oregel-bunden *(2, 6)	Något genomsläpplig *(2, 4)	Föredrar väl-dränerad *(6)	Ja *(4, 5, 6, 9)	Ja *(2)	Ja *(6, 7)	Kan hantera föroren-ingar och vägsalt *(4)	
Gleditsia triacanthos (korstörel)	12–16 m *(8)	1–2(3) *(2, 3, 6, 8)	Ja *(4)	Oval/ojämn *(4, 6, 8)	Genomsläpplig *(2, 3, 4, 6, 8)	Kalkrik, väl-dränerad *(6)	Ja *(3)	Ja *(2)	Ja *(4, 6)	Glest bladverk ger väldigt lite skugga *(8)	“Skyline”
Gymnocladus dioica (kentucky kaf-feträd)	15–20 m *(2)	1–2(3) *(2, 8)	Ja *(4)	Ojämn som ung, rund/ovalt ut-seende som äldre *(2, 8)	Genomsläpplig *(4, 8)	Djup, väl-dränerad jord *(2, 8)	Ja *(4)	Ja *(2, 4, 8)	Ja *(8)	Svåretablerad *(2)	
Koeleruteria paniculata (kinesträd)	5–10 m *(3)	1–(2) *(2, 3, 6)	Ja *(4)	Rund *(2, 3, 4)	Tät *(2)	Fuktiga och näringsrika jordar *(6)	Ja *(2, 4, 6)	Ja *(2, 4)	Ja *(2, 3, 6)	Kan hantera salt och föroreningar *(4)	
Liquidambar styraciflua (ambraträd)	6–12 m *(3)	1 *(3)	Ja *(1, 2, 3, 4)	Pyramidal, kägelformad *(1, 2, 3, 4)	Något genomsläpplig *(4)	Normal, fuktig lerhaltig sand-jord *(1, 4)	Ja *(3, 4)	Ja *(3)	Ja *(2, 7)	Kräver jämn beskuggning och är vindkänslig *(2)	“Worpleston”
Malus tschonoskii (cinnoberapel)	8–10 m *(3)	1–2 *(2, 3)	Ja *(2)	Ägg/Pyramidal *(2)	–	Anspråkslös *(3)	Ja *(3)	Ja *(2)	–	–	
Ostrya carpinifolia (humlebok)	8–15 m *(3, 6)	1–3 (4) *(2, 3, 6)	Ja *(4)	Rund *(2, 3, 4)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, gynnas av högt pH *(2, 3)	Ja *(2, 3, 4, 5, 6)	Ja *(6)	Ja *(4, 6)	Blir bredare med tiden, kräver därför utrymme *(2, 6)	
Parrotia persica (papegojbuske)	6–10 m *(6)	1–2 *(6, 8)	Ja *(4)	Klotformad *(4)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, men föredrar frisk och väl-dränerad jord *(4, 6, 8)	Ja *(4, 6)	Ja *(2, 6)	Ja *(4, 6)	Kräver utrymme *(2)	“Venessa”

Art	Höjd	Växt-zon	Genom-gående stam	Form krona	Genomsläpplighet krona	Jordkrav	Tork-tålig	Värme gynnad	Kan hantera stadsmiljö	Kommentar	Lämplig sort
Phellodendron amurense (sibiriskt-korkträd)	6–12 m *(2, 8)	1–4 *(3, 8)	Ja *(4)	Skärmlik *(3)	Något genomsläpplig *(4)	Näringsrik, fuktighetshållande jord men klarar de flesta jordar *(6)	Ja *(4)	–	Ja *(4)	Kräver utrymme, ej lämplig för gatumiljö *(2)	
Pinus heldreichii (ormskinnstall)	20–25 m *(2)	1–4 *(2, 6)	Ja *(2)	Pyramidal *(1, 6)	–	Gynnas av högt pH och kalk *(1, 2)	Ja *(2, 5, 6)	–	Ja *(6)	Ovanlig i Sverige *(2)	
Pyrus calleryana (kinesiskt päron)	8–12 m *(2, 3)	1–2 *(2, 3)	Ja *(3, 4)	Konformig, senare oval *(2, 3, 4)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, väl-dränerad och kalkrik jord *(3, 4)	Ja *(4)	Ja *(2)	Ja *(3)	Kan hantera föroreningar och salt. Blomning har oangenäm doft *(2, 4)	“Chanticleer”
Quercus cerris (turkisk ek)	20–25 m *(8)	1–2(3) *(2, 3, 6, 8)	Ja *(2, 4, 6, 8)	Kägelformad *(2, 6, 8)	Något genomsläpplig *(4)	Bäst utveckling på rika jordar, men kan även hantera torra förhållanden. *(2, 6, 8, 9)	Ja *(2, 3, 4, 6, 9)	Ja *(4, 6, 8)	Ja *(2)	Snabbväxande och mottaglig för knoppergall av gallstekeln (Andricus quercus-calasis) *(4)	
Quercus frainetto (ungersk ek)	15–20 m *(2, 7, 8)	1–3 *(3, 8, 6)	Ja *(4)	Klot/Äggformad *(2, 3, 4, 6)	Något genomsläpplig *(4)	Bäst utveckling i näringsrik jord men kan hantera torr jordar *(4)	Ja *(2, 3, 4, 6)	Ja *(3, 4, 6)	Ja *(2, 6)	Kan hantera föroreningar och vägsalt *(4)	
Robinia pseudoacacia (robinia)	25 m *(1)	1–2(3) *(2, 3, 6, 8)	Ja *(1, 4)	Oval/Rund *(1, 4)	Genomsläpplig *(2, 4)	Anspråkslös, föredrar genomsläpplig jord *(4, 6, 8)	Ja *(2, 3, 4, 6, 9)	Ja *(6)	Ja *(6, 7)	Kvävefixerande och kan sätta rotskott och lyfta markbeläggningar *(2, 3)	“Besoniana”

Art	Höjd	Växt-zon	Genom-gående stam	Form krona	Genomsläpplighet krona	Jordkrav	Tork-tålig	Värme gynnad	Kan hantera stadsmiljö	Kommentar	Lämplig sort
<i>Sorbus torminalis</i> (tyskoxel)	12–15 m *(3)	1–3 *(2, 3)	Ja *(1, 2, 4)	Oval/Rundad *(1, 4)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, men känslig för tung och kompakt jord *(4)	Ja *(3, 4)	–	Ja *(1, 2, 3)	–	
<i>Styphnolobium japonicum</i> (pagodträd)	8–15 m *(2, 6)	1 *(2, 6)	Ja *(4)	Rund *(1, 4, 6)	Något genomsläpplig *(2, 4)	Anspråkslös, men trivs bäst på lättare jordar *(4)	Ja *(2, 4, 6)	Ja *(1)	Ja *(6)	Kvävefixerande och kan hantera föroreningar *(4, 6)	“Regent”
<i>Syringa reticulata</i> (ligustersyren)	5–8 m *(3)	1–5 *(2, 3)	Nej *(3, 4)	Oval *(4)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, men mullrika, väl-dränerade jordar *(2, 3, 4)	Ja *(2, 4)	–	–	Långsam etablering. *(2, 4)	“Ivory Silk”
<i>Tilia tomentosa</i> (silverlind)	15–20 m *(2, 6, 8)	1–3 *(2, 6, 8)	Ja *(4)	Pyramidal *(1, 2, 8)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, men väl-dränerade jordar *(3, 4, 6)	Ja *(3, 4, 6, 8)	Ja *(2, 3, 8)	Ja *(6)	Kräver mödosam uppbyggnads-beskränning. *(2)	“Brabant”
<i>Zelkova serrata</i> (japansk zelkova)	10–20 m *(2, 6)	1–2 *(3, 6)	Ja *(1, 6)	Kvastlik *(1, 2, 3, 4, 6)	Något genomsläpplig *(4)	Anspråkslös, men föredrar kalkrik, fuktig och rik jord *(4, 6)	Ja *(3, 4, 6)	Ja *(6)	Ja *(3, 6)	–	“Green Vase”

Tabell 3 - Referenser:

*1 - Nitzelius (1958)

*2 - Sjöman & Slagstedt (2015)

*3 - Tönnersjö plantskola

*4 - Hiron & Sjöman (2018)

*5 - Roloff et al. (2009)

*6 - Stångby plantskola

*7 - Robinson (2004)

*8 - Billbäcks plantskola

*9 - Bradshaw et al. (1995)

Figur 15 -
Några av de arter som
identifierades:

1. *Liquidambar styraciflua*
2. *Gleditsia triacanthos*
3. *Corylus colurna*
- 4a. *Parrotia persica* (blad)
- 4b. *Parrotia persica* (stam)



1.



2.



3.



4a.



4b.

Samtliga bilder är tagna av Manuel López.

Som nämndes tidigare kunde vi utifrån den analys som gjordes av platsen konstatera att gatan uppvisar en stor variation mellan sol och skugga (se figur 3) genom de skillnader i höjd hos byggnaderna på platsen. Av den anledningen har olika kombinationer skapats: en för de mer solexponerade delarna av gatan och en för de mer skuggigare delarna.

Gemensamt för dessa båda platser är den höga andelen hårdgjorda material som bidrar till att skapa en varm, torr och näringsfattig plats.

I den soligare delen har därför träd med en mer begränsad krona valts. Dessa arter är utrustade med egenskaper som gör att både kan tolerera men även gynnas av den höga värmesumman på platsen. Då vi tidigare kunde konstatera att markförhållandena på platsen var ogynnsamma är det det därför önskvärt om dessa arter är utrustade med förmågan att tillverka sin egen näring (kvävefixerande). Men som nämndes i föregående kapitel (se 4.1) är vi ute efter att skapa mer dynamiska planteringar med en större variation av arter, så därför är detta inte något krav.

På vissa delar av gatan kan det stundtals bli mycket skuggigare än på den soliga delen. Även här bör träden kunna stå emot de påfrestningar som en hårt utsatt gata i stadsmiljö medför. Däremot borde evapotranspirationen här bli något lägre än på den soligare delen av gatan eftersom värmelagringen här är lägre. Här skulle man därför kunna använda sig av arter som även trivs på svala och fuktiga ståndorter. Vi bör på den här delen av gatan även ta byggnadernas höjd i beaktning i valet av träd. Eftersom byggnaderna på den här delen av gatan är högre har arter som kan bli något högre valts.

I den soligare delen av gatan, där den intilliggande bebyggelsen också är lägre har mindre arter valts. Dessa består av mannaask *Fraxinus ornus* och ligustersyren *Syringa reticulata*, sorten 'Ivory Silk' är en lämplig sort. Mannaasken har en tät krona som bidrar till att beskuggningen vintertid är stor. Denna ska därför helst inte placeras intill fönster, eftersom de vintertid avsevärt hindrar ljusinsläpp. Båda blommor dessutom rikligt, vilket skulle bidra till en tydlig identitet på platsen.

På de platser mittmellan den allra soligaste delen och den skuggigaste skulle en kombination av italiensk al *Alnus cordata* och kinesiskt päron *Pyrus calleryana* 'Chanticleer' vara lämplig. Sorten 'Chanticleer' är en välbeprövad klon i stadsmiljö och har ett tydligt smalt växtsätt. Den italienska alen kan ha en tveksam hårdighet och därför bör man välja större kvaliteter går det att läsa i plantskolekataloger. Men eftersom arten är värmegynnad, borde den mer än väl kunna trivas på Vretensborgsgatan.

I den skuggigare delen föreslår jag en kombination av turkisk ek *Quercus cerris* och ungersk ek *Quercus frainetto* (se figur 14) samt humlebok *Ostrya carpinifolia* (se figur 16) som tidvis kan hantera mycket skugga.

För att skapa variation på platsen har även några solitärer valts ut. Dessa är alla sådana arter vars växtsätt inte alltid lämpar sig intill en gata. De arter som valdes ut är alla utrustade med egenskaper som gör att de kan tolerera situationen på platsen. Det sibiriska korkträdet *Phellodendron amurense* har en tidig förgrening, vilket gör att den inte lämpar sig längs en gata. Som en solitär kan

den däremot fungera som ett intressant inslag genom sitt exotiska utseende. En annan art som under de senaste åren har blivit ett allt vanligare inslag i gatumiljö men då främst namnsorten 'Green Vase' är den japanska zelkovan *Zelkova serrata*. Observera att detta inte rör sig om namnsorten utan den rena arten. Arten har en väldigt behaglig beskuggning genom sina små och friskt gröna blad. Dessvärre är detta ett träd som kräver utrymme. På Vretensborgsvägen skulle den därför bättre komma till sin rätt som solitär.



Figur 16 - europeisk humlebok (*Ostrya carpinifolia*). Foto: Manuel López

5. Diskussion

Den centrala frågeställningen i mitt arbete är om det är möjligt att inverka på klimatet och därigenom minska effekterna av värmeöar i ett tätbebyggt område, och då specifikt Vretensborgsvägen i Västberga. Utifrån min analys över platsen, samt de punkter som behandlades i kapitel 4.2, anser jag att det mest effektiva sättet att skapa en inbjudande och intressant plats är genom en kombination av olika arter med liknande karaktär. Baserat på tabell 3, har jag ringat in de arter som är bäst lämpade. Utifrån växtsätt har jag sedan skapat olika kombinationer, tre för gatumiljö och en för solitärer, bland dessa är det främst de arter som genom sitt växtsätt kräver utrymme och därmed inte lämpliga intill en gata (se figur 17).

De tre kombinationerna för gatumiljö är:

- Italiensk al *Alnus cordata* och kinesiskt päron *Pyrus calleryana* 'Chanticleer'. Sorten 'Chanticleer' är en välbeprövad klon i stadsmiljö och har ett tydligt smalt växtsätt. Den italienska alen har en tveksam hårdighet och därför bör man välja större kvaliteter redan från början. Arten är också värmegynnad, vilket platsen mer än väl kan tillgodose.
- Intill lägre byggnader kan mindre arter användas. Här föreslår jag en kombination av mannaask *Fraxinus ornus* och ligustersyren *Syringa reticulata*. Sorten 'Ivory Silk' är en lämplig sort. Mannaasken har en tät beskuggning vintertid och dessa ska därför helst inte placeras intill fönster, eftersom de vintertid avsevärt hindrar ljusinsläpp. Båda blommar dessutom rikligt, vilket skulle bidra till en tydlig identitet på platsen.

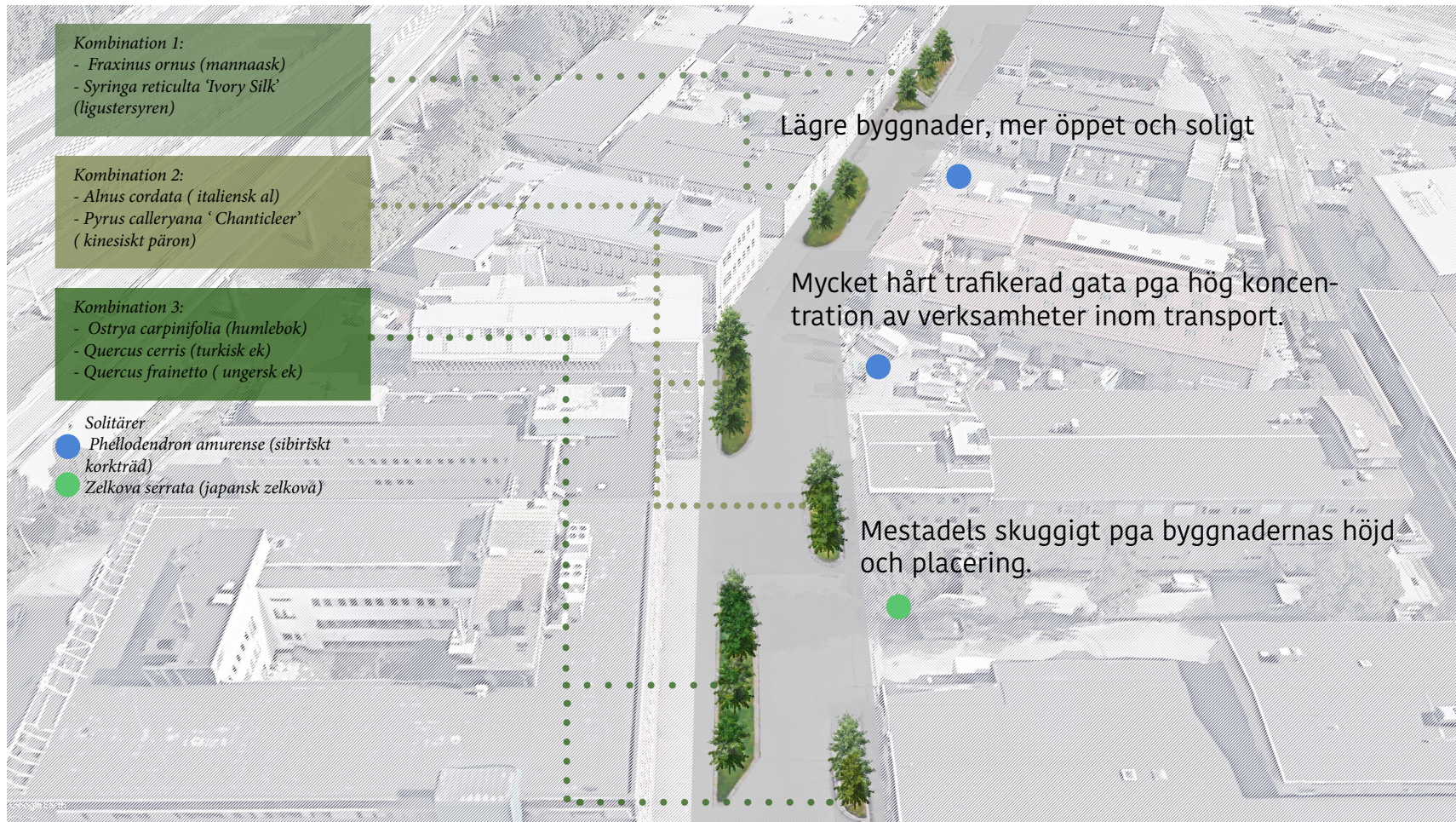
- Intill högre byggnader kan det under vissa tider på dygnet bli relativt skuggigt på sina håll. Här föreslår jag en kombination av turkisk ek *Quercus cerris* och ungersk ek *Quercus frainetto* samt humlebok *Ostrya carpinifolia* som tidvis kan hantera mycket skugga. Som ett komplement skulle man även kunna inkludera någon lämplig namnsort av avenbok *Carpinus betulus*.

I boken *Träd i urbana landskap* (Deak Sjöman, J., Sjöman, H. 2015) beskrivs hur man genom placering av träd kan åstadkomma variation längs ett stråk. Där beskrivs enstaka träd som fokuspunkter. Baserat på detta har jag därför valt ut några arter som här skulle kunna fungera som "utropstecken" längs gatan. De arter som valts ut är alla sådana som annars skulle bli alldeles för breda, dessa är därför bättre lämpade som solitärer. De arter som valdes ut är alla utrustade med egenskaper som gör att de kan tolerera situationen på platsen. Det sibiriska korkträdet *Phellodendron amurense* har en tidig förgrening, vilket gör att den inte lämpar sig längs en gata. Som en solitär kan den däremot fungera som ett intressant inslag genom sitt exotiska utseende. En annan art som under de senaste åren har blivit ett allt vanligare inslag i gatumiljö är den japanska zelkovan *Zelkova serrata*. Arten har en väldigt behaglig beskuggning genom sina små och friskt gröna blad. Dessvärre är detta ett träd som kräver utrymme. På Vretensborgsvägen skulle den därför bättre komma till sin rätt som solitär.

När det gäller hårdigheten hos dessa arter ställer jag mig ibland frågande, eftersom zonangivelserna i plantskolekatalogerna ibland är lite väl optimistiska i mitt tycke, detta har säkert sin förklaring i att plantskolorna bedriver en kommersiell verksamhet och därigenom hoppas kunna sälja fler träd. Mitt förslag när det gäller att välja känsligare arter är att gå upp i storlek samt att prova dessa i mindre skala. Man kanske inte heller ska basera hela sin gestaltning på dessa eftersom vissa av dessa arter fortfarande är relativt oprövade.

När det gäller att identifiera lämpliga arter för stadsmiljö bör man bättre förstå var arten har sitt ursprung. På dessa platser har de under en lång tid utsatts för en rad olika stressfaktorer som t.ex. långvariga perioder av torka, salta havsvindar eller betande djur, vilket har gjort att de investerat i en rad olika strategier för att kunna tolerera dessa miljöer (se kapitel 2.5.2). Baserat på dessa kunskaper samt genom en grundligt utförd analys över platsen kan man bättre träffa rätt. I stadsmiljö är det viktigt att dessa arter kan hantera långvariga perioder av torka eftersom den höga mängden hårdgjorda material ofta begränsar tillgången på vatten i städerna. Man bör heller inte helt förlita sig på skelettjordar eftersom dessa är i hög grad beroende av de vatten som når bäddarna genom särskilda brunnar. Vid långvarig torka, som sommaren 2018 visade prov på står dessa oftast tomma och därför måste växtmaterialet kunna hantera detta.

Tänkt placering av träd utmed Vretensborgsvägen, Västberga.



Figur 17 - Visualisering över Vretensborgsvägen och de olika kombinationernas placering utmed gatan.

Bildkälla: Google Maps

I vår del av världen, där årstiderna avlöser varandra är det viktigt att tänka på hur träden påverkar mikroklimatet även vintertid. Genom en kunskap över de olika trädarternas uppbyggnad samt när under året dessa utvecklar sina blad kan man bättre styra mikroklimatet på en plats. I mitt växtval för Vretensborgsvägen valdes vissa arter bort på grund av en allt för genomsläppligt bladverk. Dessa arter anser jag är bättre lämpade att användas på vistelseytor där de släpper in en tillräcklig mängd solljus. I projekteringsfasen bör man alltid fundera kring hur platsen är tänkt att användas under årets alla månader för att på så sätt landa i ett växtval som är funktionellt under hela året.

Redan i samband med kursen "Växtteknik" våren 2017 fanns en tanke om att jag ville fördjupa mig i någon av de ämnen som behandlades i kursen. Det ämne som fastnade hos mig var det om ekosystemtjänster, alltså de positiva egenskaper som växter kan ha på människan och dess närmiljö. I dessa tider då klimatet är ett ämne som behandlas mer eller mindre dagligen i olika medier kändes detta ämne därför både relevant och viktigt. Jag hade i början av detta arbete ingen större kunskap i ämnet så detta arbete har bidragit till att ge mig en större insikt i hur våra byggda miljöer dels är uppbyggda men också hur dessa kan förbättras. Genom arbetets gång har jag stundtals haft svårigheter att hålla mig inom de begränsningar jag satt upp för mig själv. Eftersom ämnet är både roligt och intressant har jag ibland ramlat in på olika sidospår som jag tyckt varit spännande men där

jag blivit tvungen att hålla tillbaka för att inte överge ämnet. I samband med insamlandet av litteratur upplevde jag svårigheter att hitta relevant litteratur inom ämnet dendrologi. Då jag i samband med mitt arbete befunnit mig hemma i Stockholm och inte i skolan (Alnarp). Det underlag som jag använt mig av i mitt arbete inhämtades mestadels på campus Ultuna. Jag fick senare förklarat att de flesta böcker inom dendrologi finns på Alnarp. Detta gjorde att jag också tog plantskolekataloger till hjälp. Hade jag haft tillgång till alla dessa böcker som finns att låna på biblioteket på Alnarp hade kanske min tabell blivit allt för omfattande? Kanske jag då hade valt en annan metod?

I mitt arbete och då specifikt i artval har jag studerat Millers metod, som jag kom i kontakt med under kursen växtteknik och som även återfinns i boken "Träd i urbana landskap" (Sjöman & Slagstedt, 2015). Jag valde denna modell eftersom tyngdpunkten ligger i att identifiera de platsspecifika begränsningar, då främst orsakad av mänsklig inverkan. Då fokus i mitt arbetet ligger ämnet värmeöar kändes denna mest relevant. I arbetet har jag främst tittat på de delar av Millers modell som behandlar de platsspecifika begränsningar för att sedan identifiera de arter som kan tänkas kunna hantera en utsatt plats som Vretensborgsvägen. När man tittar på en gata kan man inte generalisera då det finns en mängd olika faktorer som alla inverkar på mikroklimatet där. Det är alltså nästintill omöjligt att helt "träffa rätt" i samband med artval, men man kan i så stor utsträckning det går försöka att hitta arter

vars ursprung i så stor utsträckning som möjligt liknar de som går att finna på den tänkta platsen. Det finns med andra ord ingen perfekt modell för detta. Dessutom är ofta en stor bidragande faktor till att misslyckade planteringar en felaktig anläggning och bristande skötselinsatser i samband med etablering.



Figur 18 - kentuckykaffeträd *Gymnocladus dioica* med sina dubbelt parbladiga blad har ett väldigt sent bladutspring, vilket gör den särskilt lämplig att placera intill en fasad. Foto: Manuel López

6. Slutsats

Mitt arbete har inte som avsikt att fungera som en färdig mall som man kan arbeta efter och inte heller som någon slutgiltig lösning på problematiken på Vretensborgsvägen. Arbetet belyser snarare problematiken med värmeöar i staden samt belyser betydelsen av att identifiera de specifika begränsningar som kan tänkas finnas på platsen redan i projekteringsfasen. Detta för att lättare ringa in de arter som är särskilt lämpliga att använda här. Det handlar om att skapa hållbara grönytor i staden (i detta fall en trädpopulation) som ska fungera som en temperatursänka lokalt på en plats.

På grund av arbetets ringa omfattning har inte några kvantitativa mätningar gjorts, utan har helt utgått från de observationer som gjordes på platsen våren 2019. Hade man istället gjort mätningar hade troligtvis resultaten sett helt annorlunda ut. Då värmeöeffekten på platsen främst uppträder under sommarmånaderna hade det även varit intressant att besöka platsen då. En annan viktig aspekt som inte heller analyserades noggrant i detta arbete är markens beskaffenhet på platsen. För detta måste noga markanalyser göras och då även jordprover lämnas in på labb. Istället låg även här de observationer som gjordes på platsen till grund i den något begränsade ståndortsanalysen.

De trädarter som identifierades och som sedan låg till grund för den tabell (se tabell 3) utgjordes främst av arter som gick att hitta i den litteratur som insamlades på biblioteket på SLU Ultuna. Hade litteraturen istället insamlats på

SLU Alnarp vars utbud av böcker inom ämnet dendrologi är betydligt större hade också fler arter identifierats. Om svårigheterna med att hitta litteratur om träd var ett problem var det desto lättare att hitta material inom klimat och ämnet värmeöar.

I framtiden kommer betydelsen av skapandet av svala miljöer öka i takt med den globala uppvärmningen, där är större träd mest effektiva. Gamla träd är särskilt viktiga, genom de rad olika ekosystemtjänster som dessa erbjuder. (Hirons & Sjöman, 2018). Vi måste därför värna om dessa samtidigt som vi planerar inför framtiden. Redan idag kan man se stora skillnader i stadsklimatet och många av de träd som vi idag använder oss av kommer i framtiden kanske inte ha en chans. Vi måste börja med att titta på vad vi kan göra lokalt på en plats. Vretensborgsvägen är ett exempel på en plats som är särskilt utsatt och där mindre insatser kan göra stor skillnad.

På det stora tror jag att en kombination av olika typer av grön infrastruktur är mer effektivt. Jag tror dessutom att vi måste lämna den gamla idén med ensida trädrader bakom oss och använda oss av ett större register av arter. I samband med att klimatet i våra städer förändras (blir varmare) skapas också möjligheten att använda sig av ett större register av mer värmegynnade arter. Dessa har på sina naturliga växtplatser utvecklat en rad olika egenskaper som gör att de är särskilt lämpliga att användas i stadsmiljö.

Men det är inte bara artval som är avgörande för skapandet av hållbara planteringar. Allt eftersom stadens infrastruktur byggts ut har stadens träd allt mer trängts undan, med större svårigheter att växa sig stora och friska. Om inte dessa växtbäddar återställs eller nya anläggs innan etablering av nya träd är arbetet med att identifiera toleranta arter för platsen resultatlös.

För att vi även i framtiden ska kunna bo och verka i staden krävs att vi skapar bättre förutsättningar för såväl stadens värdefulla träd som för människan som är direkt beroende av dessa.

7. Referenser

- Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H. (2001).
Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas.
Sol Energy, 70(3): 295–310
- Armson, Stringer & Ennos. (2012).
The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area.
Urban Forestry & Urban Greening, 11(3): 245-255
- Berry, Rowan et al. (2013).
Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature.
Building and Environment. [Online] 6991–100
- Boverket. (1999).
Gröna områden i planeringen.
(Handbok / Boverket). Karlskrona: Boverkets publikationsservice.
- Bradshaw, A., Hunt, B., & Walmsley, T. (1995).
Trees in the urban landscape: Principles and practice.
London: Spon.
- Brown, R. D. & Gillespie, T. J. (1995).
Microclimatic landscape design : creating thermal comfort and energy efficiency . New York, N.Y: John Wiley.
- Bowler, Buyung-Ali, Knight, & Pullin. (2010).
Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence.
Landscape and Urban Planning, 97(3): 147-155
- Christensen, Rosita.(2008).
Fysiologiska och fysikaliska aspekter vid nedkylning av hud hos överhettad människa.
N.p.Print.
- Deak Sjöman, J. & Sjöman, H. (2015).
Träd i gestaltning - samspel med staden som ekosystem.
Träd i urbana landskap: 460-465
- Deak Sjöman, J., Sjöman, H. & Johansson, E. (2015).
Staden som växtplats. *Träd i urbana landskap*: 237-238, 240-253, 257-259, 277-280
- Gillner, Vogt, Tharang, Dettmann, & Roloff. (2015).
Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites.
Landscape and Urban Planning 143(C): 33-42
- Gunawardena, Wells, & Kershaw. (2017).
Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity.
Science of the Total Environment: 584-585, 1040-1055
- Hasan et al. (2017).
Tree Species Selection in Street Planting: It's relationship with issues in urban area. *Environment-Behaviour Proceedings Journal (E-BPJ)*. [Online] 2 (6), 185–194. [online].
Available from: <https://doaj.org/article/f046897a16ff-443ba3e00809ff1f33f2>.
- Hirons, A.D. and Sjöman, H. (2018).
Tree species selection for green infrastructure: a guide for specifiers.
Trees & Design Action Group.
- Howard, L. (1833).
The climate of London
(Vol. 1). 2nd ed. Harvey and Darton, London. 221 p.
- (IPCC, 2014).
Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Summary for Policymakers, 2014
(2014)(New York)
- J. L. Edmondson et al. (2016).
Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. *Scientific Reports*, 6, p.33708.
- Konijnendijk, C. (2005).
Urban forests and trees a reference book.
Berlin ;; Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X>
- Korn, S. (2016).
Drought stress: Adaptation Strategies. I Roloff, A. (red), Urban tree management : For the sustainable development of green cities.
Chichester: Wiley Blackwell, 47– 57
Sawka, M., Millward, A., McKay, J., & Sarkovich, M. (2013).
Growing summer energy conservation through residential tree planting.
Landscape and Urban Planning, 113, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.01.006>

- Kovats, R. Sari, and Hajat, Shakoor (2008). Heat Stress and Public Health: A Critical Review. 29.1 (2008): 41–55. Web.
- Martin, Simmons, & Ashton. (2016). Survival is not enough: The effects of microclimate on the growth and health of three common urban tree species in San Francisco, California. *Urban Forestry & Urban Greening*, 19,(2016) 1-6.
- Nitzelius, T. (1958). Boken om träd : En illustrerad beskrivning av inhemska och främmande träd och deras odling i vårt land. Stockholm: Saxon & Lindströms förl. : [Seelig].
- Norton, Coutts, Livesley, Harris, Hunter, & Williams. (2015). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134: 127-138
- Oke, T. R. (1987). Boundary Layer Climates . 2., [expanded] ed. London: Methuen, 1987. Print.
- M A Rahman, & Roland Ennos. (2015). What we know and don't know about the cooling benefits of urban trees. <http://www.tdag.org.uk/research.html>. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5122.2645>
- Raven, Peter H., Evert, Ray Franklin, and Eichhorn, Susan E.(1999). Biology of Plants. 6. ed. New York: W.H. Freeman, 1999. Print.
- Roloff, Andreas, Korn, Sandra, and Gillner, Sten.(2009). The Climate-Species-Matrix to Select Tree Species for Urban Habitats Considering Climate Change. *Urban Forestry & Urban Greening* 8.4 (2009): 295–308. Web.
- Sjöman, J., Hirons, A., & Sjöman, H. (2016). Branch Area Index of Solitary Trees: Understanding Its Significance in Regulating Ecosystem Services. *Journal of Environmental Quality*, 45(1), 175–187. <https://doi.org/10.2134/jeq2015.02.0069>
- Sjöman, H., Hirons, A., and Bassuk, N.(2018). Improving Confidence in Tree Species Selection for Challenging Urban Sites: a Role for Leaf Turgor Loss. *Urban Ecosystems* 21.6 : 1171–1188. Web.
- Sjöman, H & Lagerström, T (2007). *Stadens hårdgjorda miljöer som växtplats*. Alnarp: Movium, SLU.
- Sjöman H., Östberg J., Bühler O (2012). Diversity and distribution of the urban tree population in ten major Nordic cities. *Urban For Urban Green*, 11:31–39.
- Raven, Peter H., Evert, Ray Franklin, and Eichhorn, Susan E.(1999). Biology of Plants. 6. ed. New York: W.H. Freeman, 1999. Print.
- Sjöman, H., Slagstedt, J., Wiström, B. & Ericsson, T. (2015). Naturen som förebild. *Träd i urbana landskap*: 106-115, 169-170
- Sjöman, H., & Slagstedt, J. (2015). *Träd i urbana landskap* (1. uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur.
- Sjöman, H., Morgenroth, J., Sjöman, J D., Sæbø, A. & Kowarik, I. (2016). Diversification of the urban forest—Can we afford to exclude exotic tree species? *Urban Forestry & Urban Greening*, 18, 237-241
- Sæbø, Benedikz, & Randrup. (2003). Selection of trees for urban forestry in the Nordic countries. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2(2), 101-114
- Taha, H. (1997). Urban climates and heat islands: Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. *Energy & Buildings*, 25(2), 99-103
- Taha, H. et al. (1997). Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation. [online]. Available from: <http://www.escholarship.org/uc/item/3s80c3dj>

Tallhage Lönn, I. & Sverige. Boverket. (1994).
Stadens parker och natur
(1. uppl. ed., Boverket rapport, 1994:12). Karlskrona:
Boverket.

Vogt, Juliane, Sten Gillner, Mathias Hofmann, Andreas
Tharang, Sebastian Dettmann, Tina Gerstenberg,
(Andreas Roloff. 2017).
Citree: A database supporting tree selection for urban
areas in temperate climate.
Landscape and Urban Planning, 157, 14-25

Wastenson, L., Raab, B., Vedin, H. (1995).
Sveriges nationalatlas. Klimat, sjöar och vattendrag
(1. utg. ed.). Stockholm : Höganäs: Sveriges nationalatlas
(SNA) ; Bra böcker.

Zipper, S., Schatz, J., Kucharik, C., & Loheide, S. (2017).
Urban heat island-induced increases in evapotranspirative
demand.
Geophysical Research Letters, 44(2): 873-881

Elektroniska referenser

Boverket, 2018

<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar-temp/>
(sidan besöktes 2019-02-17)

Boverket, 2016

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/ratt-tatt-en-ideskrift-om-fortatning-av-stader-orter.pdf>
(sidan besöktes 2019-02-17)

E-planta

<https://www.eplanta.com/utvecklingsarbete.htm>
(sidan besöktes 2019-02-27)

Folkhälsomyndigheten, 2018

<https://www.folkhalsomyndigheten.se/nyheter-och-press/nyhetsarkiv/2018/december/okad-dodlighet-under-sommarens-varmebolja/>
(sidan besöktes 2019-02-27)

Forestry Comission

[https://www.forestry.gov.uk/pdf/Trees-people-and-the-buit-environment_Ennos.pdf/\\$FILE/Trees-people-and-the-buit-environment_Ennos.pdf](https://www.forestry.gov.uk/pdf/Trees-people-and-the-buit-environment_Ennos.pdf/$FILE/Trees-people-and-the-buit-environment_Ennos.pdf)
(sidan besöktes 2019-03-05)

IPCC, 2014

IPCC, 2014 <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
(sidan besöktes 2019-02-18)

SMHI

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat>
(sidan besöktes 2019-02-21)

SMHI, 2014-04-18

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/naturliga-faktorer-som-paverkar-klimatet-1.3831>
(sidan besöktes 2019-02-21)

SMHI, 2013-08-30

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/solstralning-1.4186>
(sidan besöktes 2019-02-20)

Stockholm stad

<http://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimat-och-vaderstatistik/arsnederbord/>
(sidan besöktes 2019-02-28)

Wikipedia

https://sv.wikipedia.org/wiki/Stockholm#Temperaturer_och_nederbörd
(besöktes 2019-02-28)

Plantskolekataloger

Billbäcks plantskola

Stångby plantskola

Tönnersjö plantskola

